



TESIS - RE 142541

**PENENTUAN FAKTOR EMISI SPESIFIK UNTUK  
ESTIMASI TAPAK KARBON DAN PEMETAANNYA  
DARI SEKTOR PERMUKIMAN DAN PERSAMPAHAN  
DI KOTA MALANG.**

**ASRI HAYYU R.  
3313 201 017**

**PEMBIMBING :**  
Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., PhD  
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

**PROGRAM MAGISTER  
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2015**



THESIS - RE 142541

**DETERMINATION OF SPECIFIC EMISSION  
FACTORS FOR ESTIMATING AND MAPPING  
CARBON FOOTPRINT FROM RESIDENTIALS AND  
SOLID WASTE SECTORS IN MALANG.**

**ASRI HAYYU R.  
3313 201 017**

**SUPERVISOR :  
Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., PhD  
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.**

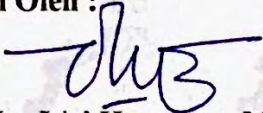
**MASTER PROGRAM  
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2015**

**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh  
gelar  
Magister Teknik (MT)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

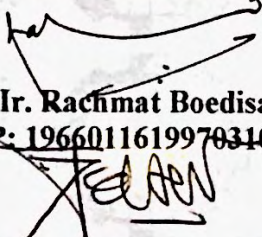
**oleh :  
Asri Hayyu Rinpropadebi  
Nrp. 3313 201 017**

**Tanggal Ujian : 6 Januari 2015  
Periode Wisuda : Maret 2015**

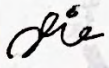
**Disetujui Oleh :**

  
**1. Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., PhD  
NIP: 196006181988031002**

**(Pembimbing I)**

  
**2. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT  
NIP: 196601161997031001**

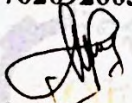
**(Pembimbing II)**

  
**3. Ir. Eddy S. Soedjono, MSc., PhD  
NIP: 196003081989031001**

**(Penguji)**

  
**4. Alia Damayanti, ST., MT., PhD  
NIP: 197702092003122001**

**(Penguji)**

  
**5. Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM  
NIP: 198201192005011001**

**(Penguji)**

  
**Direktur Program Pascasarjana,  
Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT  
NIP: 196404051990021001**

# **Penentuan Faktor Emisi Spesifik untuk Estimasi Tapak Karbon dan Pemetaannya dari Sektor Permukiman dan Persampahan di Kota Malang**

Pascasarjana Teknik Lingkungan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Nama : Asri Hayyu R.  
Email : asrihrpd@gmail.com  
NRP : 3313.201.017  
Pembimbing : Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., PhD  
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

## **ABSTRAK**

Pesatnya perkembangan penduduk di Kota Malang berbanding lurus dengan peningkatan timbulan sampah dan emisi karbon sehingga berakibat negatif untuk pengembangan kota. Diperlukan inventarisasi emisi karbon menggunakan pendekatan Faktor Emisi Spesifik (FES) yang mengacu Pedoman IPCC 2006. Kajian dan analisis penelitian ini meliputi estimasi dari aspek teknis, lingkungan serta ekonomi untuk sektor permukiman dan persampahan di Kota Malang. Diharapkan hasil penelitian ini dapat diterapkan di kota lain dengan fungsi pengembangan wilayah yang sama.

Aspek teknis digunakan untuk estimasi karbon kondisi sebenarnya per tahun. Aspek lingkungan menggunakan dua skenario yaitu (I) penggantian LPG ke Gas Alam melalui pipa gas negara untuk semua tipe rumah dan pengelolaan sampah dari *Open Dumping* ke *Sanitary Landfill*, (II) penggantian LPG ke Gas Alam untuk rumah mewah dan menengah dan pengelolaan sampah dari *Open Dumping* ke *Sanitary Landfill*. Sedangkan aspek ekonomi meninjau efisiensi biaya konsumsi energi per bulan.

Aspek teknis di sektor permukiman menunjukkan Kecamatan Blimbing memiliki nilai tertinggi (29.647,80 CO<sub>2</sub>/tahun). Sedangkan estimasi emisi untuk sektor persampahan dimiliki oleh Kecamatan Sukun (70.035,34 CO<sub>2</sub>/tahun). Untuk skenario I pada estimasi aspek lingkungan, nilai maksimum nilai maksimum terdapat pada Kecamatan Blimbing (585,90 CO<sub>2</sub>/tahun). Skenario II didapatkan nilai maksimum 20.527,93 CO<sub>2</sub>/tahun untuk Kecamatan Lowokwaru. Sedangkan Aspek Ekonomi, pada sektor permukiman didapatkan Rp.104.000 sebagai estimasi efisiensi biaya konsumsi energi perbulan untuk setiap rumah dengan menggunakan Gas Alam. Pada sektor persampahan, berdasarkan skenario 1 dihasilkan prakiraan satuan harga Rp. 1.462.477.886 /tahun, sedangkan pada skenario 2 sebesar Rp. 1.670.727.056 /tahun.

**Kata Kunci:** *Aspek Ekonomi, Aspek Lingkungan, Aspek Teknis, Emisi Karbon, Permukiman, Persampahan, Kota Malang*



# **Determination of Specific Emission Factors for Estimating and Mapping Carbon Footprint from Residentials and Solid Waste Sectors in Malang**

Master of Environmental Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Name : Asri Hayyu R.  
Email : asrihrpd@gmail.com  
NRP : 3313.201.017  
Supervisor : Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., PhD  
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

## **ABSTRACT**

Rapid growth of population at Malang was directly proportional to the increase in waste generation and carbon emissions which is gave negative effect for development of the city. Required carbon emissions inventory using approach Emission Specific Factors (FES) which refers to the 2006 IPCC Guidelines for assessment and analysis of the study include the estimation of the technical aspects, as well as the economic environment for housing sector and waste in Malang. We hope this research can be applied in other cities with similar regional development functions.

The technical aspects are used to estimate the actual conditions of carbon per year. Environmental aspects was using two scenarios, (i) the replacement of LPG to natural gas through a gas pipeline state for all types of houses and waste management from Open Dumping to Sanitary Landfill, (II) the replacement of LPG to Natural Gas for luxury and intermediate houses also waste management of the Open dumping to Sanitary Landfill. While reviewing the economic aspects of cost-efficiency of energy consumption per month.

The technical aspects of the residential sector shows Blimbing District has the highest value (29647.80 CO<sub>2</sub> / year). While the emission estimates for the waste sector was owned by Sukun District (70035.34 CO<sub>2</sub> / year). For the first scenario to estimate the environmental aspect, the maximum value of the maximum value contained in Blimbing district (585.90 CO<sub>2</sub> / year). Scenario II obtained maximum value 20527.93 CO<sub>2</sub> / year for Lowokwaru District. While the economic aspect, the housing sector was obtained Rp.104.000 as estimated monthly cost efficiency of energy consumption for each home using natural gas. In the waste sector, resulting forecasts based scenario 1 unit price of Rp. 1,462,477,886 / year, while in scenario 2 was Rp. 1,670,727,056 / year.

***Key word: Technical Aspect, Environment Aspect, Economic Aspect, Carbon Emissions, Residentials Sector, Solid Waste Sector, City of Malang***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena dengan rahmat dan hidayah-Nya proposal Tesis dengan judul **“Penentuan Faktor Emisi Spesifik untuk Estimasi Tapak Karbon beserta Pemetaannya dari Sektor Permukiman dan Persampahan di Kota Malang”** ini bisa terselesaikan dengan cukup baik. Penyusunan tesis ini tidak akan berjalan dengan lancar apabila tidak ada dukungan serta bantuan orang-orang sekitar. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., Ph.D. selaku pembimbing yang telah memberikan saran, kritik dan bimbingan dalam penyusunan tesis ini.
2. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT. selaku co-pembimbing yang telah memberikan saran, kritik dan bimbingan dalam penyusunan tesis ini.
3. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., MT yang selalu mengarahkan dan memberi masukan dalam penyusunan tesis ini.
4. Ir. Eddy S. Soedjono, Msc., Ph.D, Alia Damayanti, ST., MT., PhD, dan Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM selaku dosen penguji yang telah memberikan berbagai masukan dan kritik yang membangun dalam penyusunan tesis ini.
5. Kedua orang tua serta keluarga besar yang telah memiliki peran penting dalam terselesaikannya proposal ini, atas doa dan motivasi yang senantiasa diberikan.
6. Eko Yudha Hadiyanto yang senantiasa menjadi pendamping hidup penuh cinta dan semangat dalam membantu penyusunan tesis ini.
7. Teman-teman Program Pascasarjana jurusan Teknik Lingkungan angkatan 2013 yang senantiasa menjadi teman diskusi dalam penyusunan tesis ini.
8. Tim inventarisasi Kota dan Kabupaten Malang atas semangat saling membantu dan menemani selama proses penelitian di Malang serta, seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dalam penyusunan tesis ini.

Penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat serta dapat dipahami oleh semua pihak. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan, karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran demi penyempurnaan selanjutnya.

Hormat,

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	2
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Profil Wilayah Kota Malang .....	5
2.2 Permukiman .....	6
2.3 Persampahan di Kota Malang .....	7
2.4 Gas Rumah Kaca.....	8
2.5 Tapak Karbon.....	9
2.6 Faktor Emisi.....	9
2.7 Metode Perhitungan Faktor Emisi .....	10
2.7.1 Emisi Karbon Bahan Bakar dari Aktivitas Rumah Tangga .....	11
2.7.2 Perhitungan Emisi Karbon pada Timbulan Sampah .....	12
BAB 3 METODE PENELITIAN .....	15
3.1 Umum .....	15
3.2 Kerangka Penelitian .....	16
3.3 Tahapan Penelitian.....	17
3.4 Ide Penelitian .....	17
3.5 Studi Literatur .....	17
3.6 Pengumpulan Data .....	17
3.7 Analisis dan Pembahasan.....	18
3.8 Kesimpulan dan Saran .....	22
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Aspek Teknis .....	23

4.1.1 Emisi CO <sub>2</sub> Sektor Permukiman .....	23
4.1.2 Emisi CO <sub>2</sub> Sektor Persampahan.....	28
4.2 Aspek Lingkungan .....	34
4.3 Aspek Ekonomi.....	40
4.3.1 Aspek Ekonomi pada Sektor Permukiman .....	40
4.3.2 Aspek Ekonomi pada Sektor Persampahan .....	41
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	43
5.1 Kesimpulan .....	43
5.2 Saran .....	44
DAFTAR PUSTAKA .....	45
LAMPIRAN.....	47



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Wilayah Kota Malang .....	5
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian .....	16
Gambar 4.1 Emisi CO <sub>2</sub> Tiap Tipe Rumah di Kota Malang.....	27
Gambar 4.2 Pemetaan Estimasi Emisi CO <sub>2</sub> dari Sektor Permukiman.....	32
Gambar 4.3 Pemetaan Estimasi Emisi CO <sub>2</sub> dari Sektor Persampahan.....	32
Gambar 4.4 Pemetaan Estimasi Emisi CO <sub>2</sub> dari Sektor Permukiman dan Persampahan.....	33
Gambar 4.5 Pemetaan Estimasi Emisi CO <sub>2</sub> dari Skenario 1 Permukiman.....	37
Gambar 4.6 Pemetaan Estimasi Emisi CO <sub>2</sub> dari Skenario 1 Persampahan.....	37
Gambar 4.7 Pemetaan Estimasi Emisi CO <sub>2</sub> dari Skenario 2 Permukiman.....	38
Gambar 4.8 Pemetaan Estimasi Emisi CO <sub>2</sub> dari Skenario 2 Persampahan.....	38
Gambar 4.9 Pemetaan Estimasi Emisi CO <sub>2</sub> dari Skenario 1 Permukiman dan Persampahan.....	39
Gambar 4.10 Pemetaan Estimasi Emisi CO <sub>2</sub> dari Skenario 2 Permukiman dan Persampahan.....	39

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jumlah RW, RT, dan Keluarga 2013 .....	6
Tabel 2.2 Jumlah Rumah Berdasarkan Tipe .....	7
Tabel 2.3 Komposisi Sampah TPA Supit Urang .....	8
Tabel 2.4 Prosentase dari Total Emisi GRK .....	9
Tabel 2.5 Faktor Emisi di Indonesia .....	10
Tabel 2.6 Nilai Potensi Pemanasan Global .....	12
Tabel 2.7 Nilai DOCi .....	13
Tabel 2.8 Klasifikasi TPA dan Methane Correction Factors (MCF) .....	13
Tabel 2.9 Oxidation Factor (OX) .....	14
Tabel 3.1 Jumlah Sampel Tiap Tipe Rumah di Kota Malang.....	19
Tabel 3.2 Kuesioner .....	20
Tabel 4.1 Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Tipe Rumah .....	23
Tabel 4.2 Emisi CO <sub>2</sub> dengan Nilai FE Default di Kota Malang .....	24
Tabel 4.3 Nilai Faktor Emisi Spesifik di Kota Malang.....	25
Tabel 4.4 Emisi CO <sub>2</sub> berdasarkan tipe rumah setiap kecamatan di Kota Malang.....	26
Tabel 4.5 Total Emisi CO <sub>2</sub> Tiap Tipe Rumah di Kota Malang .....	27
Tabel 4.6 Fraksi Komponen Sampah Jenis i (Wi) .....	29
Tabel 4.7 Nilai DOC .....	29
Tabel 4.8 Total Emisi CO <sub>2</sub> primer dari Sektor Persampahan di Kota Malang.....	31
Tabel 4.9 Total Emisi CO <sub>2</sub> pada sektor Permukiman dan Persampahan Kota Malang.....	31
Tabel 4.10 Emisi CO <sub>2</sub> pada Skenario 1 dari Sektor Permukiman dan Persampahan.....	35
Tabel 4.11 Emisi CO <sub>2</sub> pada Skenario 2 dari Sektor Permukiman dan Persampahan.....	35
Tabel 4.12 Efisiensi Biaya Bahan Bakar Pada Sektor Permukiman.....	40
Tabel 4.13 Efisiensi Biaya Bahan Bakar Pada Sektor Persampahan.....	41

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kota Malang dalam Angka tahun 2014 menunjukkan jumlah penduduk di 5 kecamatan sebesar 820.243 jiwa dan kepadatan penduduk mencapai 7,453/km<sup>2</sup>. Pesatnya pertumbuhan penduduk di Kota Malang berbanding lurus dengan peningkatan timbulan sampah dan emisi karbon pada GRK (Gas Rumah Kaca). Hal ini ditunjukkan oleh hasil penelitian *Team MCTAP-BPPT* yang telah dilakukan pada tahun 2013 di TPA Supit Urang Kota Malang bahwa dari 64,9% komposisi sampah organik dihasilkan CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> sebesar 50-55%. Penyumbang emisi karbon pada GRK selain timbulan sampah adalah penggunaan bahan bakar dalam aktivitas rumah tangga berdasarkan jumlah penghuni pada sektor pemukiman (Boedisantoso, 2014).

Pengurangan emisi GRK di sektor permukiman dan persampahan merupakan hal yang penting dalam upaya global untuk mengurangi dampak perubahan iklim sesuai Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional (RAN) Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK). Oleh karena itu, inventarisasi emisi juga merupakan langkah awal dalam upaya penurunan emisi GRK. Inventarisasi emisi dapat dilakukan melalui perhitungan estimasi emisi karbon dengan menggunakan metode perhitungan yang mengacu pada Pedoman IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate*) 2006 yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar LPG pada aktivitas rumah tangga dan sektor persampahan di Kota Malang. Kota Malang belum melakukan inventarisasi emisi yang sesuai dengan ketersediaan data dan karakteristik wilayah, sehingga diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan bagi kota lain yang memiliki pola pengembangan wilayah yang sama.

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji aspek-aspek yang mempengaruhi estimasi emisi karbon yang dihasilkan di Kota Malang. Penelitian ini juga bertujuan untuk mendukung proses inventarisasi emisi Kota Malang dengan fungsi pengembangan wilayah pendidikan dan atau pariwisata. Sasaran dalam

penelitian ini meliputi identifikasi dan analisis karakteristik tipe rumah, identifikasi dan analisis deskriptif-kuantitatif terhadap penggunaan bahan bakar, identifikasi dan analisis deskriptif-kuantitatif terhadap jenis pengelolaan serta komponen komposisi sampah di TPA (Tempat Pembuangan Akhir). Aspek-aspek yang dikaji dan dianalisis pada penelitian ini adalah aspek teknis, lingkungan, dan ekonomi.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dalam penyusunan penelitian ini, masalah yang akan dikaji dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah estimasi emisi karbon menggunakan pendekatan nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) dari penggunaan bahan bakar LPG pada aktivitas tiap tipe rumah (sederhana/menengah/mewah) dan sektor persampahan di Kota Malang melalui perhitungan yang mengacu pada Pedoman IPCC 2006?
2. Bagaimanakah emisi karbon dan pemetaannya dengan fungsi pengembangan wilayah pendidikan/pariwisata dari penggunaan bahan bakar pada aktivitas tiap tipe rumah dan sektor persampahan di Kota Malang?
3. Bagaimanakah analisis aspek teknis, lingkungan serta ekonomi mengenai estimasi emisi karbon dari penggunaan bahan bakar tiap tipe rumah dan sektor persampahan di Kota Malang?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini antara lain:

1. Mengkaji dan menganalisis estimasi emisi tapak karbon dengan menggunakan pendekatan nilai FES melalui perhitungan yang mengacu pada Pedoman IPCC 2006 dari penggunaan bahan bakar tiap tipe rumah dan sektor persampahan yang dihasilkan Kota Malang.
2. Mengkaji dan menganalisis pemetaan estimasi emisi tapak karbon yang telah didapatkan menggunakan SIG (Sistem Informasi Geografis) dengan fungsi pengembangan wilayah pendidikan/pariwisata Kota Malang.

3. Mengkaji dan menganalisis aspek teknis, lingkungan dan ekonomi mengenai estimasi emisi karbon dari penggunaan bahan bakar tiap tipe rumah dan sektor persampahan di Kota Malang.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini antara lain:

1. Memberi informasi tingkat penyebaran karbon di sektor permukiman dan persampahan sebagai acuan dalam pengembangan dan pembangunan daerah yang lebih terarah di Kota Malang, Jawa Timur.
2. Memberi kemudahan dalam melakukan inventarisasi emisi yang sesuai dengan Pedoman IPCC 2006.
3. FES yang dihasilkan dapat digunakan sebagai acuan bagi kota lain yang mempunyai karakteristik wilayah dan ketersediaan data yang serupa dengan daerah penelitian.

#### **1.5 Ruang Lingkup**

Diperlukan adanya pembatasan masalah yang ada agar pokok bahasan dalam penelitian ini tidak melebar. Masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini dibatasi pada ruang lingkup sebagai berikut:

1. Data yang dianalisis hanya dari sektor pemukiman dan persampahan di Kota Malang, Jawa Timur dengan fungsi pengembangan wilayah pendidikan/pariwisata.
2. Sumber emisi yang dianalisis dari permukiman dan persampahan merupakan emisi primer.
3. Aspek-aspek yang dikaji pada penelitian ini mencakup 3 aspek, yakni aspek teknis, lingkungan serta ekonomi.
4. Parameter : karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan gas metan (CH<sub>4</sub>)
5. Metode perhitungan : mengacu pada Pedoman IPCC 2006
6. Metode pemetaan : *Software* Quantum GIS

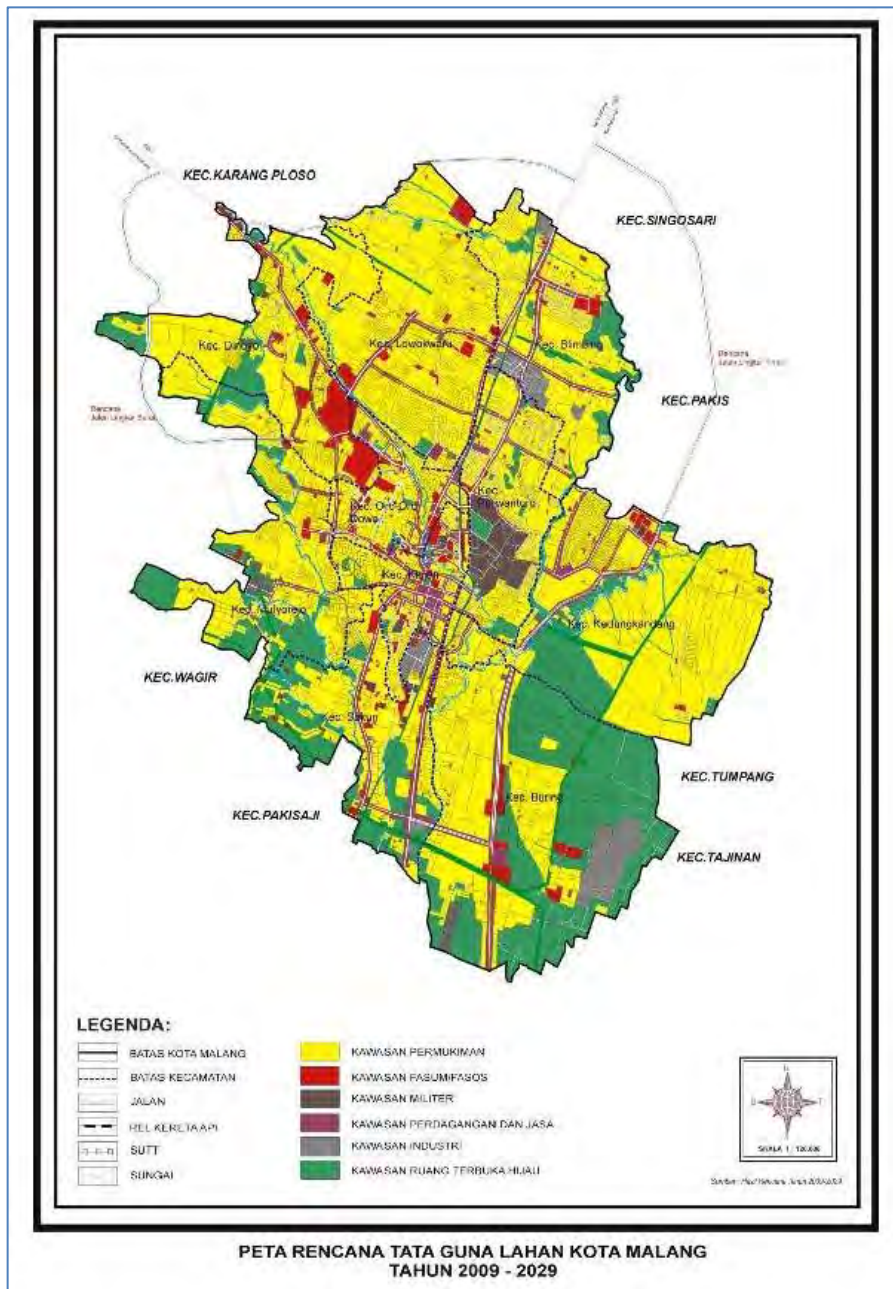
**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Profil Wilayah Kota Malang

Peta Administrasi Kota Malang berdasarkan RTRW Kota Malang tahun 2009-2029 disajikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Wilayah Kota Malang



Kota Malang secara geografis terletak pada posisi 112,06° - 112,07° BT dan 7,06° - 8,02° LS dengan luas wilayah 11.006 Ha atau 110,06 Km<sup>2</sup>, mencakup 5 (lima) Kecamatan terdiri dari 57 (lima puluh tujuh) Kelurahan dengan batas wilayah administrasi sebagai berikut:

- a. Sebelah Utara : berbatasan dengan Kecamatan Singosari dan Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang.
- b. Sebelah Selatan : berbatasan dengan Kecamatan Tajinan dan Kecamatan Pakisaji Kabupaten Malang.
- c. Sebelah Barat : berbatasan dengan Kecamatan Wagir dan Kecamatan Dau Kabupaten Malang.
- d. Sebelah Timur : berbatasan dengan Kecamatan Pakis dan Kecamatan Tumpang Kabupaten Malang.

Berikut merupakan data jumlah penduduk dan jumlah rumah tangga yang diperoleh dari BPS Kota Malang (2014) tersaji selengkapnya pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Jumlah RT, RW dan Keluarga 2013

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk	Rumah Tangga
1	Kedungkandang	184098	57.625
2	Sukun	183953	58.161
3	Klojen	104610	34.159
4	Blimbing	174691	57.535
5	Lowokwaru	193451	49.167
	Jumlah	840.803	256.647

(Sumber: BPS Kota Malang, 2014)

## 2.2 Permukiman

Menurut Undang-Undang Nomor 4 Tahun 1992 Tentang Perumahan dan Permukiman pasal 1, definisi permukiman, rumah, perumahan, dan satuan lingkungan permukiman adalah sebagai berikut:

- Definisi Permukiman, bagian dari lingkungan hidup di luar kawasan lindung, baik yang berupa kawasan perkotaan maupun perdesaan yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung perikehidupan dan penghidupan.
- Definisi Rumah, bangunan yang berfungsi sebagai tempat tinggal atau hunian dan sarana pembinaan keluarga.

- Definisi Perumahan, sekelompok rumah yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian yang dilengkapi dengan prasarana dan sarana lingkungan.
- Definisi Satuan Lingkungan Permukiman, kawasan perumahan dalam berbagai bentuk dan ukuran dengan penataan tanah dan ruang, prasarana dan sarana lingkungan yang terstruktur.

Berdasarkan Surat Keputusan Bersama Menteri Dalam Negeri Pekerjaan Umum, dan Menteri Negara Perumahan Rakyat Nomor 648-384 Tahun 1992 tentang Pedoman Pembangunan Perumahan dan Permukiman dengan Lingkungan Hidup yang berimbang adalah sebagai berikut :

- Rumah sederhana yaitu rumah yang dibangun di atas tanah dengan luas kaveling antara 54 m<sup>2</sup>-200m<sup>2</sup> dan biaya pembangunan m<sup>2</sup> tidak melebihi dari harga satuan per m<sup>2</sup> tertinggi untuk pembangunan perumahan dinas pemerintah kelas C yang berlaku.
- Rumah menengah yaitu rumah yang dibangun di atas tanah dengan luas kaveling antara 200 m<sup>2</sup>-600 m<sup>2</sup> dan/atau biaya pembangunan per m<sup>2</sup> antara harga satuan per m<sup>2</sup> tertinggi untuk pembangunan perumahan dinas pemerintah kelas C sampai kelas A yang berlaku.
- Rumah mewah yaitu rumah yang dibangun di atas tanah dengan luas kaveling antar 600 m<sup>2</sup> -2000 m<sup>2</sup> dan/atau biaya pembangunan per m<sup>2</sup> di atas harga satuan per m<sup>2</sup> tertinggi untuk pembangunan perumahan dinas kelas A yang berlaku.

Berikut merupakan jumlah rumah berdasarkan tipe rumah di Kota Malang, tersaji pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Jumlah Rumah Berdasarkan Tipe

No.	Kecamatan	Tipe Rumah	Jumlah Rumah (unit)
1	Kedungkandang	Mewah	2.728
		Menengah	12.005
		Sederhana	42.892
2	Klojen	Mewah	2.695
		Menengah	8.052
		Sederhana	23.412

No.	Kecamatan	Tipe Rumah	Jumlah Rumah (unit)
3	Blimbing	Mewah	8.750
		Menengah	31.821
		Sederhana	16.964
4	Lowokwaru	Mewah	12.338
		Menengah	31.509
		Sederhana	5.320
5	Sukun	Mewah	1.935
		Menengah	11.739
		Sederhana	44.487
Total			256.647

(Sumber: Dinas Pendapatan Daerah Kota Malang, 2013)

### 2.3 Persampahan di Kota Malang

Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang tahun 2013 mencatat jumlah timbulan sampah Kota Malang telah mencapai 600 ton/hari (Dinas Kebersihan dan Pertamanan, 2014). Volume sampah yang terangkut ke TPA 420,17 ton/hari. Komposisi sampah yang terangkut ke TPA dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.3 Komposisi Sampah TPA Supit Urang

No.	Komposisi Sampah (kg)	%
1	Organik	77,4
2	Kertas	4,1
3	Plastik	14
4	Logam/Kaleng	0,3
5	Karet	0,0
6	Tekstil/Kain	2
7	Kaca	0,3
8	Lainnya	1,9

(Sumber: Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang, 2013)

### 2.4 Gas Rumah Kaca

Pengertian gas rumah kaca menurut U.S Environmental Protection Agency (U.S. EPA) adalah gas-gas yang menjebak panas di atmosfer. Beberapa gas rumah kaca seperti karbon dioksida terjadi secara alami dan dipancarkan ke atmosfer melalui proses alam dan kegiatan manusia. Sedangkan efek yang ditimbulkan dari gas-gas ini disebut efek rumah kaca. Menurut Schmidt (2005) gas rumah kaca yang utama adalah uap air, yang menyebabkan 26-70% efek rumah kaca,

selanjutnya adalah karbondioksida sebesar 9-26%, metana 4-9%, dan ozon 3-7%.

Gas rumah kaca utama yang memasuki atmosfer dari kegiatan manusia adalah:

- Karbondioksida (CO<sub>2</sub>)

Karbondioksida memasuki atmosfer melalui pembakaran bahan bakar fosil (minyak, gas alam, dan batu bara), limbah padat, pohon dan produk kayu, dan juga sebagai akibat dari reaksi kimia lain. Karbondioksida juga dihapus dari atmosfer ketika diserap oleh tanaman sebagai bagian dari siklus karbon biologis. Karbondioksida dapat diemisikan dalam sejumlah cara. Secara alami melalui siklus karbon dan melalui aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil. Sumber alami CO<sub>2</sub> terjadi dalam siklus karbon dimana miliaran ton CO<sub>2</sub> atmosfer dihilangkan dari atmosfer oleh lautan dan tanaman yang tumbuh dan dipancarkan kembali ke atmosfer setiap tahun. Ketika dalam keadaan keseimbangan, jumlah dan perpindahan emisi karbondioksida dari seluruh siklus karbon mendekati sama.

- Metana (CH<sub>4</sub>)

Metana yang dihasilkan selama produksi dan transportasi batu bara, gas alam dan minyak. Emisi metana juga dihasilkan dari peternakan dan praktek pertanian, serta oleh pembusukan limbah organik di tempat pembuangan sampah kota.

Tabel 2.4 Prosentase Total Emisi GRK

Gas	Ekuivalen Emisi CO <sub>2</sub>	Prosentase dari Total Emisi GRK (%)
CO <sub>2</sub>	438.609,64	59,1
CH <sub>4</sub>	142.042,81	19,1
N <sub>2</sub> O	31.113,60	4,2
Lainnya	130.809,21	17,6
Total	742.575,26	100,0

(Sumber: Kementrian Lingkungan Hidup, 2009)

## **2.5 Tapak Karbon**

Tapak karbon merupakan sebuah metode memperkirakan jumlah emisi gas rumah kaca pada persamaan karbon dari hasil silang daur ulang proses produksi bahan dasar yang digunakan di industri, pembuangan pada produk akhir. Menurut Wiedmann dan Minx (2008), tapak karbon merupakan suatu ukuran jumlah total dari hasil emisi karbondioksida secara langsung maupun tidak langsung yang disebabkan oleh aktivitas atau akumulasi dari penggunaan produk dalam kehidupan sehari-hari. Tapak karbon primer merupakan ukuran emisi CO<sub>2</sub> yang bersifat langsung. Tapak karbon primer didapat dari hasil pembakaran bahan bakar fosil seperti memasak dan transportasi. Menurut Astari (2012) setiap aktivitas rumah tangga yang menggunakan bahan bakar dapat menghasilkan tapak karbon yang berbeda-beda bergantung dari lama penggunaan bahan bakar seperti LPG. Tapak karbon sekunder merupakan emisi CO<sub>2</sub> yang bersifat tak langsung. Tapak karbon sekunder dihasilkan dari daur daur hidup produk-produk yang kita gunakan, semakin banyak kita membeli maka semakin banyak pula emisi yang dihasilkan. Secara prinsip semua tapak karbon produk yang digunakan didasarkan emisi CO<sub>2</sub> untuk setiap satuan produksinya.

## **2.6 Faktor Emisi**

Faktor emisi merupakan suatu nilai representatif yang menghubungkan antara kuantita polutan yang dibuang ke atmosfer per satuan unit penghasil emisi. Faktor tersebut biasanya dirumuskan dengan pembagian antara berat polutan dengan unit, berat, volume, jarak atau durasi aktivitas yang mengemisikan polutan (misalnya: kilogram partikulat yang diemisikan per megagram batu bara yang dibakar). Faktor emisi seperti suatu faktor untuk memperkirakan besarnya emisi dari suatu faktor untuk memperkirakan besarnya emisi dari suatu sumber polusi udara. Faktor ini merupakan rata-rata dari semua data yang tersedia yang menggambarkan kualitas udara dan umumnya diasumsikan sebagai rata-rata representatif dalam jangka waktu yang lama untuk berbagai sumber katagori (IPCC, 2006).

Tabel 2.5 Faktor Emisi di Indonesia

Bahan Bakar	Faktor Emisi (ton CO <sub>2</sub> /TJ)			NCV (TJ/Gg)
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	
<b>Gas Alam</b>	<b>56.100</b>	<b>1</b>	<b>0,1</b>	<b>48</b>
<b>LPG</b>	<b>63.100</b>	<b>1</b>	<b>0,1</b>	<b>47,3</b>
Kerosen lainnya	71.900	3	0,6	43,8
Minyak Diesel	74.100	3	0,6	43
Batubara	98.300	10	1,5	26,7
Kayu/limbah kayu	112.000	30	4	15,6

(Sumber: Draft Petunjuk Teknis Penghitungan Emisi GRK, 2013)

## 2.7 Metode Perhitungan Faktor Emisi

Berdasarkan keputusan para pihak di COP 8, negara berkembang (non Annex I) seperti Indonesia menggunakan pedoman *Revised* 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories untuk menyusun inventarisasi GRK (Kementrian Lingkungan Hidup, 2012).

Berdasarkan Pedoman IPCC 2006, ketelitian penghitungan tingkat emisi GRK dalam kegiatan inventarisasi dikelompokkan dalam 3 tingkat ketelitian. Tingkat ketelitian perhitungan ini dikenal sebagai ‘Tier’. Tingkat ketelitian perhitungan terkait dengandata dan metoda perhitungan yang digunakan sebagaimana dijelaskan berikut ini:

### a. Tier 1

Estimasi berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi *default*. Pada Tier 1, estimasi tingkat emisi GRK menggunakan sebagian besar data aktivitas dan parameter default berdasarkan Pedoman IPCC 2006.

### b. Tier 2

Estimasi berdasarkan data aktivitas yang lebih akurat dan faktor emisi *default* IPCC atau faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific*). Pada Tier 2, estimasi tingkat emisi GRK menggunakan beberapa parameter default, tetapi membutuhkan data aktivitas dan parameter terkait (faktor emisi, karakteristik limbah, dan lain-lain).

### c. Tier 3

Estimasi berdasarkan metoda spesifik suatu negara dengan data aktivitas yang lebih akurat (pengukuran langsung) dan faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific*). Pada Tier 3, estimasi tingkat

emisi GRK didasarkan pada data aktivitas spesifik suatu negara (lihat Tier 2) dan menggunakan salah satu metoda dengan parameter kunci yang dikembangkan secara nasional atau pengukuran yang diturunkan dari parameter-parameter spesifik-suatu negara. Inventarisasi tingkat emisi GRK kegiatan pengelolaan dapat menggunakan metoda spesifik-negara yang setara atau yang berkualitas lebih tinggi.

Penentuan Tier dalam inventarisasi GRK sangat ditentukan oleh ketersediaan data dan tingkat kemajuan suatu negara atau pabrik dalam hal penelitian untuk menyusun metodologi atau menentukan faktor emisi yang spesifik dan berlaku bagi negara/pabrik tersebut. Di Indonesia dan negara-negara non-Annex 1, sumber emisi sektor/kegiatan kunci pada inventarisasi GRK menggunakan Tier-1, yaitu berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi default IPCC. Tingkat ketelitian Tier 1 adalah metodologi perhitungan emisi CO<sub>2</sub> yang paling sederhana dimana perhitungan didasarkan atas data aktivitas dan faktor emisi. Persamaan umum yang digunakan untuk perhitungan emisi CO<sub>2</sub> adalah sebagai berikut :

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{Data Aktivitas} \times \text{Faktor Emisi} \quad (2.1)$$

Data aktivitas yang dimaksud merupakan data aktivitas yang terkait dengan seberapa banyaknya aktivitas yang dilakukan sehingga menghasilkan emisi CO<sub>2</sub>. data aktivitas yang terkait dengan emisi CO<sub>2</sub> dari penggunaan bahan bakar berupa berapa banyak bahan bakar yang dipergunakan untuk keperluan bahan rumah tangga ataupun keperluan lainnya. Perhitungan emisi Tier 1 menggunakan data aktivitas yang sederhana. Sedangkan Tier 2 dan Tier 3 menggunakan data aktivitas yang lebih akurat dan lebih rinci. Faktor emisi merupakan besarnya emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan setiap unit, dapat berupa volume ataupun berat bahan bakar yang digunakan. Emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar LPG secara umum menggunakan persamaan 2.2. Sedangkan untuk emisi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dari sampah TPA secara umum menggunakan persamaan 2.3, dan 2.4.



### 2.7.1 Emisi Karbon Bahan Bakar dari Aktivitas Rumah Tangga

Emisi CO<sub>2</sub> yang berasal dari pemakaian bahan bakar rumah tangga berupa LPG merupakan emisi CO<sub>2</sub> primer. Perhitungan emisi yang dihasilkan dari bahan bakar tersebut menggunakan pendekatan nilai faktor-faktor emisi. Persamaan (2.2) merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung total emisi CO<sub>2</sub> dari bahan bakar LPG yang bersumber dari Pedoman IPCC 2006.

$$P_{ey} = F_{cy} \times EF_{LPG} \times NCV_{LPG} \quad (2.2)$$

Dimana:

$P_{ey}$  = Total emisi CO<sub>2</sub> (gr)

$F_{cy}$  = Konsumsi LPG (kg)

$EF_{LPG}$  = Faktor emisi LPG 63,1 (gr/MJ)

$NCV_{LPG}$  = 47,3 (MJ/kg)

### 2.7.2 Perhitungan Emisi Karbon pada Timbunan Sampah

Berdasarkan Pedoman IPCC 2006 terdapat perhitungan mengenai timbunan sampah yang ditimbun di TPA, sebagai berikut:

- Emisi CH<sub>4</sub> dari sampah yang ditimbun di TPA:

$$= (MSW_T \times MSW_F \times MCF \times DOC \times DOC_F \times F \times \frac{16}{12} - R) \times (1 - OX) \quad (2.3)$$

Keterangan :

$MSW_T$  = Timbunan sampah kota (Gg/tahun)

$MSW_F$  = Persentase sampah yang masuk ke TPA

$MCF$  = Faktor koreksi metana

$DOC$  = Degradasi organik karbon (Kg C/Kg sampah)

$DOC_F$  = Fraksi DOC

$F$  = Fraksi dari CH<sub>4</sub> di TPA

$R$  = Recovery CH<sub>4</sub> (Gg/tahun)

$OX$  = Faktor oksidasi

Nilai konversi 1 Ton CH<sub>4</sub> memiliki nilai potensi pemanasan global setara dengan 25 ton CO<sub>2</sub>. Konversi satuan menurut Pedoman IPCC, 2006 selengkapnya tersaji pada Tabel 2.6 berikut ini:

Tabel 2.6 Nilai Potensi Pemanasan Global

No.	GRK	GWP (setara dengan mol CO <sub>2</sub> )
1.	Karbendioksida (CO <sub>2</sub> )	1

2.	Methana (CH <sub>4</sub> )	25
3.	Dinitro Oksida (N <sub>2</sub> O)	298
4.	Hidroflorokarbon (HFCs)	12-14.800
5.	Perflorokarbon (PFC <sub>s</sub> )	7.390-12.200
6.	Sulfurheksaflorida (SF <sub>6</sub> )	22.800

(Sumber: Pedoman IPCC, 2006)

Berdasarkan IPCC (2006) keterangan lebih lanjut mengenai dari DOC, DOC<sub>F</sub>, F, R, dan OX adalah sebagai berikut :

DOC adalah karakteristik yang menentukan besarnya gas CH<sub>4</sub> yang dapat terbentuk pada proses degradasi komponen organik/karbon yang ada pada limbah. Pada sampah padat kota, DOC sampah bulk diperkirakan berdasarkan angka rata-rata DOC masing-masing komponen sampah. DOC ini dihitung berdasarkan komposisi (% berat) dan dry matter content (kandungan berat kering) masing-masing komponen sampah (persamaan 2.4).

$$DOC = \sum i (DOC_i \times W_i) \quad (2.4)$$

dimana:

DOC = Degradasi organik karbon dalam sampah (Gg C/Gg Sampah)

DOC<sub>i</sub> = Degradasi organik karbon jenis sampah i. Nilai DOC<sub>i</sub> standar dapat dilihat pada Tabel Nilai DOC<sub>i</sub>

W<sub>i</sub> = Komposisi jenis sampah i (diperoleh dari penelitian).

Tabel 2.7 Nilai DOC<sub>i</sub>

No	Jenis Sampah	Nilai DOC <sub>i</sub>
1	Sampah makanan	0,15
2	Sampah kebun	0,20
3	Sampah kertas	0,40
4	Sampah kayu dan jerami	0,43
5	Sampah tekstil	0,24
6	Diapers	0,24
7	Karet dan kulit	0,39
8	Lumpur	0,05
9	Kaca, plastik, logam	0

(Sumber : Pedoman IPCC, 2006)

- *Fraction of Degradable Organic Dissimilated (DOC<sub>F</sub>)*

DOC<sub>F</sub> merupakan perkiraan fraksi karbon yang terdegradasi dan teremisikan dari TPA. DOC<sub>F</sub> juga merupakan penggambaran kenyataan bahwa beberapa karbon organik tidak terdegradasi atau terdegradasi sangat lambat, dalam kondisi anaerobik di TPA. Nilai standar yang direkomendasikan untuk DOC<sub>F</sub>

adalah 0,5 dengan asumsi bahwa lingkungan TPA dalam kondisi anaerobic. Nilai  $DOC_F$  tergantung pada banyak faktor seperti suhu, kelembaban, pH, komposisi sampah, dll.

- Fraksi  $CH_4$  pada gas yang dihasilkan dari *landfill* (F)

Emisi gas  $CH_4$  yang dihasilkan oleh sebagian besar sampah di landfill sekitar 50%. Bahan-bahan seperti minyak dan lemak dapat menghasilkan gas  $CH_4$  lebih dari 50%. Nilai standar yang direkomendasikan untuk fraksi  $CH_4$  adalah 0,5.

- *Methane Correction Factors* (MCF)

Nilai dari *Methane Correction Factors* (MCF) bergantung pada pengelolaan yang dilakukan di TPA. Klasifikasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dan Nilai dari *Methane Correction Factors* (MCF) tersaji pada tabel sebagai berikut.

Tabel 2.8 Klasifikasi TPA dan *Methane Correction Factors* (MCF)

Tipe TPA	MCF
Terkelola-anaerobik <sup>1</sup>	1,0
Terkelola-semi-anaerobik <sup>2</sup>	0,5
Tidak terkelola-dalam (tinggi sampai >5m) dan/air tanah yang dangkal <sup>3</sup>	0,8
Tidak terkelola-dangkal (tinggi sampai <5m) <sup>4</sup>	0,4
TPA tidak memiliki katagori <sup>5</sup>	0,6

(Sumber : Pedoman IPCC, 2006)

Keterangan :

1. TPA terkelola-anaerobik : tempat pembuangan yang terkontrol setidaknya meliputi salah satu dari berikut : (i) tercover, (ii) pemadatan, atau (iii) perataan sampah
2. TPA terkelola-semi anaerobik : tempat pembuangan yang terkontrol dan semua struktur untuk mendapatkan udara untuk setiap lapisan sampah : (i) bahan penutup yang permeable, (ii) system drainase lindi, atau (iii) pengaturan umur kolam, (iv) system ventilasi gas
3. TPA tidak terkelola-dalam atau air tanah dangkal : semua TPA yang ditemukan adanya kriteria TPA yang terkelola dan memiliki kedalaman lebih besar atau sama dengan 5 m dan atau air tanah dangkal
4. TPA tidak terkelola-dangkal : semua TPA yang terkelola dan memiliki kedalaman kurang dari 5m

5. TPA tidak memiliki katagori : hanya jika negara tidak dapat mengkatagorikan TPA ke dalam 4 katagori TPA yang disebutkan sebelumnya,

- *Oxidation Factor (OX)*

Nilai dari *Oxidation Factor (OX)* menunjukkan sejumlah CH<sub>4</sub> dari TPA yang teroksidasi pada tanah atau bahan lainnya yang menutupi tanah. TPA yang dikelola dengan baik cenderung memiliki faktor oksidasi yang lebih tinggi daripada TPA yang tidak dikelola. Nilai dari *Oxidation Factor (OX)* tersaji pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 *Oxidation Factor (OX)*

Tipe TPA	Nilai Standar Faktor (OX)	Oxidation
TPA terkelola, tidak terkelola, dan tidak terkatagori <sup>1</sup>	0	
TPA terkelola yang tertutup oleh bahan pengoksidasi CH <sub>4</sub> <sup>2</sup>	0,1	

(Sumber : Pedoman IPCC, 2006)

Keterangan :

<sup>1</sup> Terkelola tetapi tidak tertutup dengan bahan yang mampu beraerasi

<sup>2</sup> Contohnya tanah, kompos

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Langkah-langkah yang dilakukan selama penelitian mengacu pada metoda penelitian. Dengan mengikuti langkah-langkah yang sudah ditetapkan dalam metoda penelitian, maka diharapkan penelitian berjalan secara sistematis dan mengurangi kesalahan yang dapat terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan menganalisa emisi karbon yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar LPG pada aktivitas tiap tipe rumah dan sektor persampahan di Kota Malang, Jawa Timur. Data primer didapat melalui survei berupa jumlah Rumah Tangga (RT) berdasarkan tipe rumah yang menggunakan bahan bakar LPG, jumlah penghuni RT, konsumsi bahan bakar LPG yang digunakan, dan lama serta banyak pemakaiannya dalam satu bulan. Selain data primer, data sekunder yang diperlukan dalam penelitian didapat dari pihak yang terkait dan berhubungan dengan penelitian ini. Emisi karbon di Kota Malang yang diperoleh dari pengolahan data primer dan sekunder menjadi alat perhitungan estimasi emisi karbon yang dilakukan menggunakan pendekatan faktor emisi melalui perhitungan yang mengacu pada Pedoman *Inter Governmental Panel on Climate Change* (IPCC) 2006 berdasarkan variabel tertentu, setelah itu hasil estimasi emisi karbon berdasarkan IPCC digunakan untuk menentukan Faktor Emisi Spesifik (FES) sesuai dengan ketersediaan data yang ada.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan tiga aspek antara lain aspek teknis, lingkungan dan ekonomi. Aspek teknis merupakan analisis estimasi emisi karbon primer dari sektor permukiman dan persampahan di Kota Malang. Sedangkan aspek lingkungan menggunakan dua skenario dalam upaya penurunan tingkat emisi karbon yang dihasilkan dari sektor persampahan dan permukiman. Berikut adalah pemaparan dari kedua sektor tersebut :

- a. Skenario I, sektor permukiman menggunakan metode penggantian LPG dengan Gas Alam untuk seluruh tipe rumah. Sedangkan untuk sektor persampahan menggunakan metode penggantian system pengelolaan *Open Dumping* menjadi *Sanitary Landfill*.

- b. Skenario II, sektor permukiman menggunakan metode penggantian LPG dengan Gas Alam untuk tipe rumah menengah dan mewah. Sedangkan untuk sektor persampahan menggunakan metode penggantian system pengelolaan *Open Dumping* menjadi *Sanitary Landfill*.

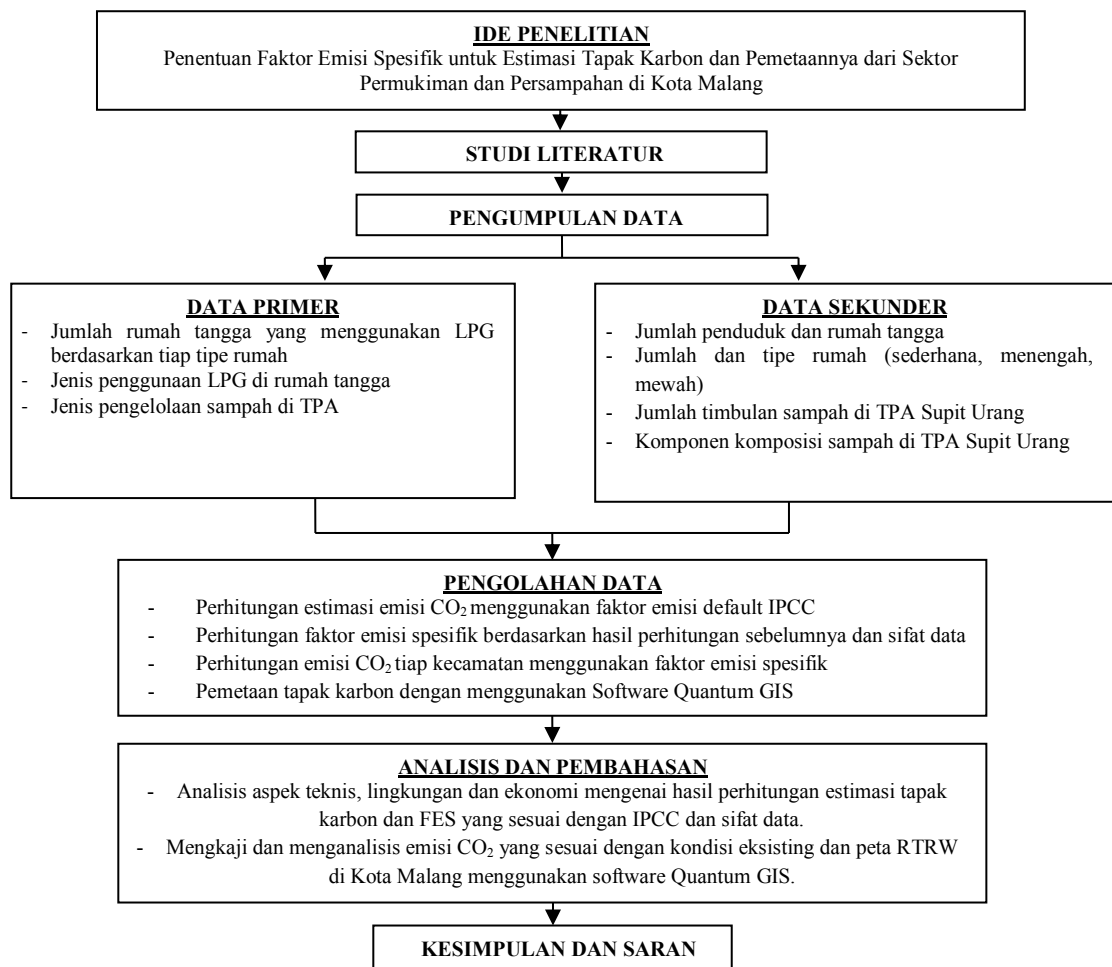
Sedangkan untuk aspek ekonomi, dilakukan estimasi efisiensi biaya penggunaan energi per bulan per rumah. Setelah didapatkan hasil perhitungan melalui ketiga aspek tersebut, diperoleh emisi tapak karbon. Emisi ini kemudian dipetakan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) berdasarkan peta eksisting dan peruntukan penggunaan lahan Kota Malang. Kerangka penelitian disusun untuk mencapai tujuan, yang terdiri atas perumusan ide penelitian, perumusan masalah, studi literatur, pengambilan data, analisis data, pembahasan, serta kesimpulan. Bagan alir metode perencanaan dapat dilihat pada Gambar 3.1

### **3.2 Kerangka Penelitian**

Kerangka penelitian merupakan gambaran mengenai tahapan-tahapan yang disusun secara berurutan dan sistematis. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.1

### **3.3 Tahapan Penelitian**

Tahapan penelitian ini berisi tentang langkah-langkah yang dilakukan selama pelaksanaan penelitian. Langkah-langkah tersebut meliputi penjelasan tentang studi literatur, pengumpulan data, analisis dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran.



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

### 3.4 Ide Penelitian

Malang merupakan wilayah dengan fungsi pengembangan pendidikan/pariwisata. Dalam upaya mendukung proses tersebut diperlukan inventarisasi emisi dari aktivitas tiap tipe rumah (sederhana/menengah/mewah) dan sektor persampahan untuk menjaga stabilitas ambient. Sehingga Kota Malang dapat menjadi hunian yang nyaman bagi wisatawan dan pelajar. Sejalan dengan itu dapat dilakukannya pengembangan dan pembangunan daerah yang terarah sesuai dengan pola Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW). Inventarisasi emisi dapat dilakukan melalui perhitungan pendekatan faktor emisi melalui perhitungan estimasi emisi tapak karbon dengan menggunakan metode *Intergovernmental Panel on Climate* (IPCC) yang dihasilkan pada aktivitas tiap



tipe rumah (sederhana/menengah/mewah) dan sektor persampahan persampahan dan pemukiman, sehingga dapat dilakukannya pemetaan menggunakan SIG (Sistem Informasi Geografis) agar luasan penyebaran emisi tapak karbon dapat diketahui.

### **3.5 Studi Literatur**

Studi literatur digunakan sebagai penunjang jalannya penelitian dan juga dalam pelaksanaan analisa dan pembahasan sehingga diperoleh suatu kesimpulan dari hasil penelitian. Sumber literatur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi jurnal penelitian, buku teks, internet dan penelitian pendahuluan. Beberapa bidang cakupan yang digunakan untuk studi literatur mencakup: tipe rumah, emisi yang dihasilkan dari rumah tangga secara umum dan dari timbulan sampah, karakteristik sampah, metode pengelolaan dan pengolahan sampah, sistem dan jenis pengelolaan TPA yang tersedia di perkotaan secara umum, emisi tapak karbon, metode perhitungan yang mengacu pada Pedoman IPCC 2006 dan pemetaan dengan menggunakan SIG.

### **3.6 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data bertujuan untuk mengetahui segala sesuatu yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Jenis data yang diperlukan berupa data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari pengamatan langsung di lapangan. Pengambilan data primer ini dimaksudkan untuk menyesuaikan antara data sekunder yang telah diperoleh dengan keadaan sebenarnya mengenai emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar LPG tiap tipe rumah. Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara wawancara dan kuesioner ke sejumlah rumah tangga sebagai responden yang telah ditentukan dalam wilayah studi. Selain itu pengamatan di lapangan juga menunjang data yang ada dan pemahaman proses penelitian yang terjadi di lapangan. Data sekunder yang dapat menunjang penelitian juga didapatkan pada Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Kota Malang, Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang, Badan Pusat Statistik Kota Malang, Dinas Pendapatan Daerah Kota Malang, Dinas Pekerjaan Umum dan Cipta Karya Kota

Malang, buku teks, penelitian terdahulu serta *brainstorming* dari beberapa pihak yang terkait dengan dinas tersebut. Sedangkan data sekunder mengenai jumlah timbulan sampah serta jenis pengelolaannya di TPA Kota Malang didapatkan dari laporan tahunan pada Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang, Badan Pusat Statistik, serta penelitian terdahulu.

### 3.7 Analisis dan Pembahasan

Data sekunder yang telah didapatkan perlu dilakukan validasi menggunakan data primer. Dalam pengambilan data primer diperlukan pengambilan sampel yang dilakukan di lapangan. Pengambilan data primer adalah sebagai berikut:

- Penentuan jumlah sampel
- Penentuan lokasi titik sampling
- Survey lapangan dan kuesioner (berdasarkan tipe rumah)

Penentuan jumlah sampel melalui 2 tahapan yakni jumlah sampel di Kota Malang dan jumlah sampel menurut tipe rumah. Jumlah sampel ditentukan dengan menggunakan rumus Krejcie dan Morgan (1970) dalam Pradiptya (2011) pada persamaan 3.1 dan 3.2. Metode yang digunakan adalah metode sampling stratifikasi.

$$n = \frac{x^2 NP(1-P)}{(N-1)d^2 + x^2 P(1-P)} \quad (3.1)$$

Dimana:

n = Jumlah total sampel wilayah studi (rumah)

N = Jumlah populasi dalam wilayah studi (rumah)

$X^2$  = Nilai standart *error* yang berhubungan dengan tingkat kepercayaan (jika selang kepercayaan 95 % maka  $X = 1,64$ ; jika 99 % maka  $X = 2,58$ )

P = Proporsi populasi (0,5 – 0,99)

d = Galat pendugaan/batas error (5-10%)

Perhitungan Jumlah Sampel:

$$n = \frac{(1,64)^2(256.647)(0,5)(1-0,5)}{(256.647-1)(0,1)^2+(1,64)^2(0,5)(1-0,5)}$$

$$= 67 \text{ sampel}$$

$$n_i = n \left( \frac{N_i}{N} \right) \quad (3.2)$$

Dimana:

$N_i$  = Jumlah populasi pada masing-masing wilayah studi

$N$  = Jumlah total populasi wilayah studi

$n$  = Jumlah total sampel wilayah studi

$n_i$  = Jumlah sampel pada masing-masing wilayah studi

Hasil penentuan jumlah sampel tiap tipe rumah di Kota Malang disajikan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jumlah Sampel Tiap Tipe Rumah di Kota Malang

No	Tipe Rumah	Jumlah Rumah	Jumlah Sampel
1	Mewah	10.086	3
2	Menengah	57.797	15
3	Sederhana	188.764	49
	Total	256.647	67

(Sumber: Hasil perhitungan)

Berdasarkan data sampel tersebut, didapatkan standar deviasi pada tipe rumah mewah sebesar 1,34; tipe rumah menengah sebesar 2,73; dan tipe rumah sederhana sebesar 0,45. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara memilih rumah dari setiap lapisan secara acak. Penyebaran kuesioner dilakukan pada setiap kecamatan di Kota Malang. Rancangan kuesioner yang akan dilakukan disajikan pada tabel 3.2. Emisi karbon di Kota Malang diperoleh dari pengolahan data primer dan sekunder perhitungan estimasi emisi karbon yang dilakukan menggunakan pendekatan faktor emisi melalui perhitungan yang mengacu pada Pedoman IPCC berdasarkan variabel tertentu, setelah itu hasil estimasi emisi karbon berdasarkan IPCC digunakan untuk menentukan Faktor Emisi Spesifik (FES) sesuai dengan ketersediaan data yang ada. Setelah didapatkan hasil

perhitungan emisi karbon yang dihasilkan dari penggunaan aktivitas tiap tipe rumah (sederhana/menengah/mewah) dan sektor persampahan, kemudian dilakukan analisis dan pembahasan terhadap hasil penelitian yang diperoleh dan pemetaan emisi tapak karbon menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) berdasarkan peta eksisting dan peruntukan penggunaan lahan Kota Malang.

Tabel 3.2 Kuesioner

<b>KUISIONER</b>		
<b>Tanggal survey</b>	:	
<b>Nama Koresponden</b>	:	
<b>Alamat</b>	:	
<b>Jumlah Penghuni</b>	:	Orang
<b>Pekerjaan Kepala Keluarga</b>	:	
<b>Luas kaveling rumah</b>	54 m <sup>2</sup> – 200 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>
	200 m <sup>2</sup> – 600 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>
	600 m <sup>2</sup> – 2000 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>
<b>Penggunaan Bahan Bakar</b>	: LPG	<input type="checkbox"/>
	: Minyak Tanah	<input type="checkbox"/>
	: Lainnya	.....
<b>Volume Pakai Bahan Bakar (kg/liter/jirigen/tabung)</b>	: Kg	
	: liter	
	: jirigen	
	: tabung	
<b>Lama Penggunaan Bahan Bakar (hari/minggu/bulan)</b>	: hari	
	: minggu	
	: bulan	

Analisis estimasi emisi tapak karbon yang dihasilkan di Kota Malang adalah sebagai berikut:

- Perhitungan emisi karbon menggunakan Pedoman IPCC 2006

Perhitungan awal emisi karbon yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar LPG dan sektor persampahan dihitung menggunakan Tier 1. Emisi yang dihasilkan tersebut memiliki satuan berat per tahun (kg/tahun).

- Perhitungan Faktor Emisi Spesifik (FES) masing-masing kegiatan

Setelah didapatkan data emisi total berdasarkan IPCC, kemudian dilakukan perhitungan jumlah Faktor Emisi Spesifik (FES) yang dihasilkan setiap kegiatan. Pada penelitian tersebut, kegiatan penggunaan bahan bakar dan sektor persampahan dihitung berdasarkan jumlah rumah tangga tiap tipe rumah serta jumlah penghuni rumah tangga. Perhitungan FES tiap unit kegiatan dilakukan dengan pembagian nilai emisi total dengan unit kegiatan. Satuan FES setiap unit kegiatan adalah berat per unit kegiatan dalam setahun (kg/tipe rumah.tahun dan kg/jiwa.tahun).

- Perhitungan kembali emisi karbon dengan FES yang sudah didapatkan dari masing-masing kegiatan

Setelah didapatkan nilai FES masing-masing kegiatan, dihitung nilai estimasi emisi karbon tiap kegiatan dengan FES yang didapatkan menggunakan Tier 2. Hasil perhitungan tersebut dapat diterapkan di daerah yang mempunyai karakteristik serupa dengan Kota Malang.

- Pemetaan estimasi emisi tapak karbon di Kota Malang

Apabila sudah didapatkan hasil estimasi emisi tapak karbon di Kota Malang, selanjutnya dilakukan pemetaan penyebaran tapak karbon menggunakan software Quantum GIS. Dalam pemetaan tersebut dapat dilihat peta dengan tampilan warna yang berbeda di setiap tingkatan emisi. Tingkatan emisi itu sendiri terdiri dari rendah, sedang, dan tinggi.

Analisis berdasarkan aspek-aspek yang mempengaruhi estimasi emisi tapak karbon di Kota Malang adalah sebagai berikut:

- Aspek Teknis

Berikut membahas mengenai kualitas dan kuantitas estimasi emisi tapak karbon. Pembahasan dilakukan untuk mengetahui perbedaan hasil estimasi tapak karbon menggunakan perhitungan yang mengacu pada Pedoman IPCC 2006 dengan faktor emisi default dengan FES. Tujuan dibandingkan nilai estimasi tersebut yaitu apakah hasil perhitungan menggunakan FES berbeda jauh atau tidak dengan hasil sebelumnya, jika hasil perhitungan menggunakan FES tidak terlalu jauh maka

perhitungan emisi yang mengacu pada Pedoman IPCC 2006 dapat digunakan.

Setelah itu dilakukan pembahasan mengenai penyebaran tapak karbon di Kota Malang dengan pemetaan tapak karbon menggunakan SIG, hasil yang diperoleh merupakan penyebaran tapak karbon di suatu wilayah dengan tingkatan emisi rendah, sedang, atau tinggi. Dari hasil tersebut dapat dianalisis apa yang harus dilakukan setelah mengetahui emisi karbon di wilayah tersebut, apa yang perlu dilakukan oleh pemerintah setempat dalam melakukan pengembangan wilayah yang terarah. Berdasarkan hasil penelitian, FES yang dihasilkan dapat digunakan sebagai acuan bagi kota lain yang mempunyai karakteristik wilayah serupa dengan daerah penelitian.

- Aspek Lingkungan

Berikut membahas mengenai nilai emisi yang dihasilkan untuk menghasilkan beberapa rekomendasi yang sesuai dengan Kota Malang.

- Aspek Ekonomi

Berikut membahas mengenai nilai ekonomis yang akan menjadi bentuk efisiensi biaya terhadap bahan bakar yang akan digunakan dari sektor permukiman.

### **3.8 Kesimpulan dan Saran**

Berdasarkan pembahasan yang didapat dari analisis data yang dilakukan, maka sebagai hasilnya akan diuraikan secara singkat, jelas, dan mudah dipahami serta sesuai dengan tujuan penelitian dan diletakkan pada kesimpulan. Pada penelitian ini diharapkan kesimpulan mengenai nilai FES yang dihasilkan dapat digunakan sebagai acuan bagi kota lain yang mempunyai karakteristik wilayah serupa dengan daerah penelitian. Kesimpulan tersebut dianalisis agar menghasilkan rekomendasi yang perlu dilakukan untuk mereduksi emisi tersebut.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



## **BAB 4**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Aspek Teknis**

Berikut membahas mengenai kualitas dan kuantitas emisi CO<sub>2</sub> yang meliputi sektor permukiman dan persampahan. Perhitungan emisi CO<sub>2</sub> mengacu pada metode perhitungan Pedoman IPCC 2006 dengan nilai faktor emisi default untuk menentukan nilai faktor emisi spesifik. Pada sektor permukiman digunakannya data aktivitas berupa jenis rumah sehingga didapatkan nilai emisi spesifik berupa ton CO<sub>2</sub>/unit.tahun dan pada sektor persampahan digunakannya data pelayanan sehingga didapatkan ton CO<sub>2</sub>/jiwa.tahun.

##### **4.1.1 Emisi CO<sub>2</sub> Sektor Permukiman**

Emisi CO<sub>2</sub> primer yang dihasilkan dari sektor permukiman berasal dari penggunaan bahan bakar rumah, yakni LPG. Sumber data yang digunakan berasal dari survey penelitian yang terdiri dari 67 responden rumah di 5 kecamatan di Kota Malang meliputi 3 tipe rumah, yakni rumah sederhana, menengah dan mewah. Sumber data yang digunakan untuk klasifikasi tipe rumah diperoleh dari Dinas Pendapatan Kota Malang 2013. Contoh perhitungan konsumsi LPG rumah sederhana dan data mengenai jumlah penggunaan bahan bakar tiap tipe rumah berdasarkan hasil survei tersaji pada Tabel 4.1 serta prosentase penggunaan bahan bakar tiap tipe rumah dapat dilihat pada Gambar 4.1.

*Contoh Perhitungan: Rumah Mewah (3 rumah)*

- Konsumsi LPG = 12 kg dan 3 kg
- Rata-rata konsumsi per hari = 0,58 kg/hari
- Rata-rata konsumsi LPG per bulan = 0,58 x 30 hari = 17,5 kg/bulan/rumah
- Konsumsi LPG per bulan = 17,5 kg/bulan/rumah x 3 rumah  
= 52,5 kg/bulan

Tabel 4.1 Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Tipe Rumah

Tipe Rumah	Jumlah Sampel	Konsumsi Bahan Bakar	Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar
	(unit)	(Kg/Bulan)	(Kg/Bulan)
Mewah	3	52,5	17,5
Menengah	15	225	15
Sederhana	49	588	12

(Sumber: Hasil survey 2014)

Pada tabel tersebut dapat diketahui bahwa pola konsumsi bahan bakar LPG di rumah mewah sangat besar, berdasarkan hasil survei penyebab tingginya prosentase penggunaan tersebut dikarenakan adanya ragam aktifitas yakni penggunaan *heater water* dan jumlah menu serta frekuensi memasak yang cukup tinggi. Sedangkan pola konsumsi rumah sederhana dan menengah tidak menggunakan *heater water* serta memiliki frekuensi memasak yang tidak cukup tinggi. Pola konsumsi bahan bakar rumah tinggal dipengaruhi oleh beberapa faktor, dalam Boedisantoso (2014) tingginya rata-rata penggunaan bahan bakar rumah mewah di Surabaya dikarenakan jumlah penghuni rata-rata rumah mewah di Surabaya relatif lebih banyak dibandingkan dengan tipe rumah lainnya. Adapun faktor lain yang berpengaruh, yakni kebiasaan memasak pada pagi, siang dan malam hari dengan menu yang berbeda-beda dan bervariasi, merupakan salah satu faktor tingginya penggunaan LPG pada rumah mewah.

Data jumlah penggunaan bahan bakar berdasarkan tipe rumah tersebut digunakan untuk perhitungan besar emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan. Berikut merupakan langkah-langkah dalam menghitung emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari sektor permukiman berdasarkan tiap tipe rumah:

1. *Emisi CO<sub>2</sub> dari penggunaan bahan bakar LPG tiap responden*

Dalam perhitungan emisi CO<sub>2</sub> kita mengacu kepada rumus umum perhitungan emisi CO<sub>2</sub> dengan persamaan (2.2) sebagai berikut:

$$P_{ey} = F_{cy} \times EF_{LPG} \times NCV_{LPG} \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned}
 P_{ey} \text{ (Emisi CO}_2\text{)} &= 180 \text{ kg/tahun} \times 63,1 \text{ gr/MJ} \times 47,3 \text{ MJ/kg} \\
 &= 537233,4 \text{ gr CO}_2\text{/tahun} \\
 &= 0,54 \text{ ton CO}_2\text{/tahun}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan bahwa penggunaan bahan bakar LPG untuk 1 sampel rumah menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 0,54 ton CO<sub>2</sub>/tahun. Data jumlah anggota rumah tangga yang didapatkan berdasarkan hasil sampling terdapat pada Lampiran Tabel L.5. Berikut merupakan hasil perhitungan emisi total CO<sub>2</sub> berdasarkan tipe rumah mewah, menengah dan sederhana dengan nilai FE default.

Tabel 4.2 Emisi CO<sub>2</sub> dengan Nilai FE Default di Kota Malang

No.	Tipe Rumah	Jumlah Sampel	Rata-rata Jumlah Anggota Rumah Tangga	Rata-rata Konsumsi per Tahun	Emisi CO <sub>2</sub>
		(unit)	(jiwa)	(kg)	(ton/tahun)
1	Mewah	3	4,68	210	1,88
2	Menengah	15	4,44	176	7,90
3	Sederhana	49	3,85	139	20,37

(Sumber: Hasil Perhitungan)

## 2. Penentuan Faktor Emisi Spesifik (FES) berdasarkan tipe rumah

Setelah mendapatkan nilai emisi total CO<sub>2</sub>, selanjutnya untuk mempermudah perhitungan emisi CO<sub>2</sub> yang sesuai dengan fungsi pengembangan wilayah berdasarkan data tipe rumah, dapat digunakan persamaan sebagai berikut untuk menghitung emisi CO<sub>2</sub> dengan Faktor Emisi berdasarkan tipe rumah:

$$E_{tr} = \sum (N_{tr} \times FE_{tr}) \quad (4.1)$$

dimana:

$E_{tr}$  = emisi CO<sub>2</sub> berdasarkan tipe rumah (ton/tahun)

$N_{tr}$  = jumlah tipe rumah (unit)

$FE_{tr}$  = faktor emisi CO<sub>2</sub> berdasarkan tipe rumah (ton/unit.tahun)

Nilai  $FE_{tr}$  merupakan nilai rata-rata faktor emisi berdasarkan tipe rumah yang kemudian disebut dengan Faktor Emisi Spesifik, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$FES = E_{tot} / N \quad (4.2)$$

dimana:

$E_{tot}$  = emisi CO<sub>2</sub> total (ton/tahun)

N = jumlah rumah

Berikut merupakan contoh perhitungan penentuan Faktor Emisi Spesifik dengan tipe rumah mewah berdasarkan hasil perhitungan diatas:

$$\begin{aligned} \text{FES} &= (0,54 + 0,54 + 0,81) / 3 \\ &= 0,63 \text{ ton/unit.tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diketahui Faktor Emisi Spesifik (FES) tipe rumah mewah sebesar 0,63 ton/unit.tahun. Pada Tabel 4.3 merupakan hasil perhitungan nilai FES berdasarkan tipe rumah mewah, menengah dan sederhana.

Tabel 4.3 Nilai Faktor Emisi Spesifik di Kota Malang

No.	Tipe Rumah	Jumlah Sampel (unit)	Emisi CO <sub>2</sub> (ton/tahun)	FES (ton/unit.tahun)
1	Mewah	3	1,89	0,63
2	Menengah	15	7,90	0,53
3	Sederhana	49	20,37	0,42

(Sumber: Hasil Perhitungan)

### 3. Total emisi CO<sub>2</sub> bahan bakar LPG tiap tipe rumah

Setelah didapatkan nilai FES, maka dapat dihitung emisi CO<sub>2</sub> Kota Malang berdasarkan tipe rumah selengkapnya yang tersaji pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.2 dengan contoh perhitungan sebagai berikut:

Emisi CO<sub>2</sub> Rumah Mewah di Kota Malang:

$$\begin{aligned} \text{Etr} &= 28446 \text{ unit} \times 0,63 \text{ ton/unit.tahun} \\ &= 18053 \text{ ton CO}_2\text{/tahun} \end{aligned}$$

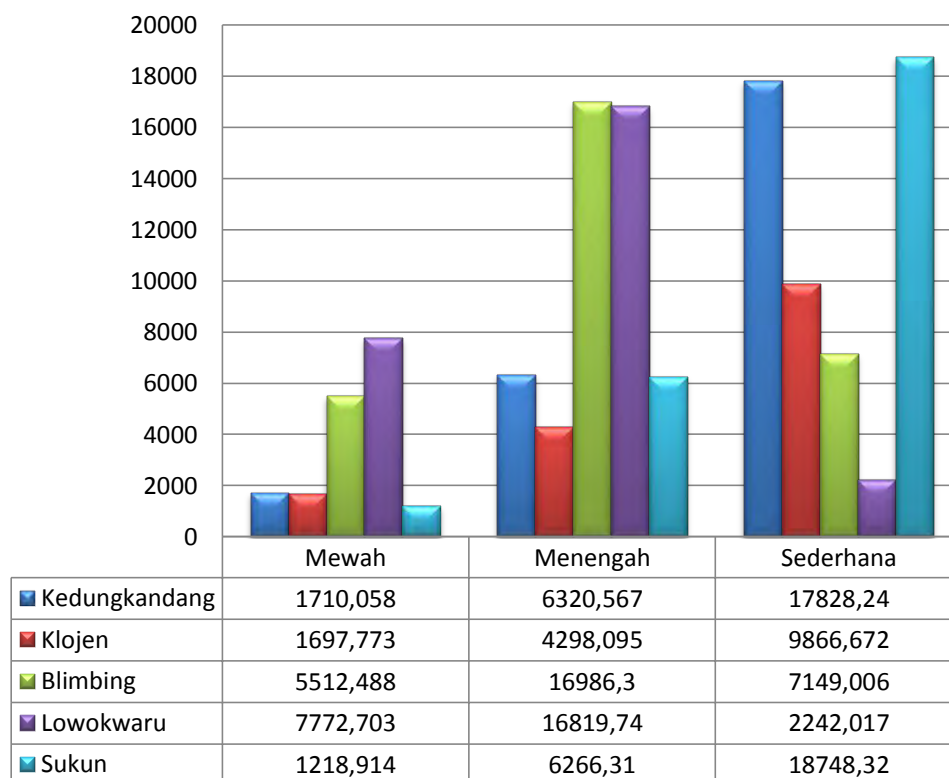
Tabel 4.4 Emisi CO<sub>2</sub> berdasarkan tipe rumah setiap kecamatan di Kota Malang

No.	Kecamatan	Tipe Rumah	FES (ton/unit.tahun)	Jumlah Rumah (unit)	Emisi CO <sub>2</sub> (ton/tahun)
1	Kedungkandang	Mewah	0,63	2728	1710,06
		Menengah	0,53	12005	6320,57
		<b>Sederhana</b>	<b>0,42</b>	<b>42892</b>	<b>17828,24</b>
2	Klojen	Mewah	0,63	2695	1697,77
		Menengah	0,53	8052	4298,1
		<b>Sederhana</b>	<b>0,42</b>	<b>23412</b>	<b>9866,67</b>
3	Blimbing	Mewah	0,63	8750	5512,49
		<b>Menengah</b>	<b>0,53</b>	<b>31821</b>	<b>16986,3</b>
		Sederhana	0,42	16964	7149,01
4	Lowokwaru	Mewah	0,63	12338	7772,7

No.	Kecamatan	Tipe Rumah	FES (ton/unit.tahun)	Jumlah Rumah (unit)	Emisi CO <sub>2</sub> (ton/tahun)
5	Sukun	<b>Menengah</b>	<b>0,53</b>	<b>31509</b>	<b>16819,74</b>
		Sederhana	0,42	5320	2242,02
		Mewah	0,63	1935	1218,91
		Menengah	0,53	11739	6266,31
		<b>Sederhana</b>	<b>0,42</b>	<b>44487</b>	<b>18748,32</b>
Total				256647	124437,2

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa nilai faktor emisi spesifik tipe rumah sederhana sebesar 0,42 ton CO<sub>2</sub>/unit.tahun lebih kecil dibandingkan dengan nilai FES tipe rumah mewah sebesar 0,63 ton CO<sub>2</sub>/unit.tahun dan tipe rumah menengah sebesar 0,53 ton CO<sub>2</sub>/unit.tahun. Namun rumah sederhana menyumbang nilai emisi terbanyak terhadap total emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan di Kota Malang, hal ini disebabkan oleh jumlah rumah sederhana lebih banyak dibandingkan dengan tipe rumah mewah dan menengah. Total emisi CO<sub>2</sub> tiap tipe rumah Kota Malang berdasarkan nilai FES tersaji pada Tabel 4.5.



Gambar 4.1 Emisi CO<sub>2</sub> Tiap Tipe Rumah di Kota Malang (ton CO<sub>2</sub>/tahun)

Tabel 4.5 Total Emisi CO<sub>2</sub> Tiap Tipe Rumah di Kota Malang

No.	Tipe Rumah	Jumlah Rumah (unit)	Emisi CO <sub>2</sub> (ton/tahun)
1	Mewah	28446	17912
2	Menengah	95127	50691
3	Sederhana	133075	55834

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Hasil inventarisasi yang telah dilakukan pada sektor permukiman berdasarkan penggunaan bahan bakar LPG, menunjukkan beberapa faktor yang mempengaruhi terhadap besarnya penggunaan LPG antara lain, ragam aktivitas pemakaian LPG yakni untuk memasak dan penggunaan *heater water* untuk mandi. Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa ekonomi juga merupakan faktor yang mendukung besarnya penggunaan LPG di sektor permukiman. Menurut Kerkhof *et al.*, (2009) salah satu sumber utama terbesar emisi CO<sub>2</sub> di UK adalah berasal dari penggunaan energi rumah tangga, dimana semakin tinggi nilai penghasilan akan mengemisikan nilai karbon semakin besar. Hal tersebut senada dengan hasil analisis yang dilakukan pada penelitian ini, dimana tipe rumah mewah memiliki ragam aktivitas penggunaan energi (LPG) lebih banyak dibandingkan dengan tipe rumah menengah dan sederhana. Hasil analisis penggunaan energi di sektor permukiman Kota Malang memiliki hasil yang sama dengan Kota Surabaya, dimana nilai FES yang dihasilkan di tipe rumah mewah sebesar 0,63 ton CO<sub>2</sub>/tahun. Pola konsumsi bahan bakar rumah tinggal dipengaruhi oleh beberapa faktor, dalam Boedisantoso (2014) tingginya rata-rata penggunaan bahan bakar rumah mewah di Surabaya dikarenakan jumlah penghuni rata-rata rumah mewah di Surabaya relatif lebih banyak dibandingkan dengan tipe rumah lainnya. Adapun faktor lain yang berpengaruh, yakni kebiasaan memasak pada pagi, siang dan malam hari dengan menu yang berbeda-beda dan bervariasi, merupakan salah satu faktor tingginya penggunaan LPG pada rumah mewah.

Faktor emisi spesifik yang telah didapatkan dari pengembangan metode perhitungan emisi berdasarkan Pedoman IPCC 2006 merupakan akurasi data aktivitas yakni tipe rumah, sehingga didapatkan data aktivitas yang lebih spesifik. Pengembangan metode tersebut merupakan salah satu langkah untuk

memudahkan daerah lain di Indonesia dengan fungsi dan pengembangan wilayah yang sama seperti Kota Malang yakni Kota Pariwisata dan Pendidikan sehingga dapat melakukan inventarisasi emisi dengan ketersediaan data berupa jumlah rumah berdasarkan tipenya yang terdapat di Dinas Pendapatan Daerah.

#### 4.1.2 Emisi CO<sub>2</sub> Sektor Persampahan

Emisi CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dari sektor persampahan di Kota Malang berasal dari timbunan sampah yang terangkut ke TPA Supit Urang. Berat timbunan sampah Kota Malang berdasarkan data yang diperoleh Badan Pusat Statistik Kota Malang Tahun 2013 sebesar 600 ton/hari. Sedangkan berat timbunan sampah yang terangkut ke TPA sebesar 420,17 ton/hari. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui prosentase sampah Kota Malang yang terangkut ke TPA sebesar 70%. Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan emisi CO<sub>2</sub> di TPA Supit Urang Kota Malang:

- Berat Timbunan (kg/tahun) Kota Malang  
= 600 ton/hari x 365 hari  
= 219.000 ton/tahun  
=  $219 \times 10^6$  kg/tahun = 219 Gg/tahun
- Berat Timbunan Sampah Terangkut ke TPA  
= 420,17 ton/hari x 365 hari  
= 153362,05 ton/tahun  
=  $153,36 \times 10^6$  kg/tahun = 153,36 Gg/tahun

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan berat timbunan sampah yang terangkut dan masuk ke TPA Supit Urang sebesar 153,36 Gg/tahun. Telah diketahui jumlah penduduk yang terlayani sebanyak 588.800 jiwa, sehingga didapatkan berat sampah sebesar 0,7 kg/jiwa.hari. berdasarkan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \text{Timbunan terangkut ke TPA (kg/jiwa.hari)} \\ &= 153,36 \times 10^6 \text{ kg/tahun} / 588.800 \text{ jiwa} \\ &= 257 \text{ kg/jiwa.tahun} = 0,7 \text{ kg/jiwa.hari} \end{aligned}$$

Perhitungan emisi CH<sub>4</sub> sampah perkotaan yang masuk ke TPA Supit Urang menggunakan persamaan sebagai berikut:

Sampah yang masuk dan ditimbun di TPA

$$= (MSW_T \times MSW_F \times MCF \times DOC \times DOC_F \times F \times \frac{16}{12} - R) \times (1 - OX) \quad (2.3)$$

Berikut merupakan perhitungan emisi CH<sub>4</sub> di TPA Supit Urang Kota Malang adalah sebagai berikut:

$$MSW_T = 219 \text{ Gg/tahun}$$

$$MSW_F = 70\%$$

$$MCF = 0,4 \text{ (berdasarkan Pedoman IPCC 2006, dikarenakan TPA Supit Urang termasuk ke dalam sistem open dumping)}$$

$$DOC = \sum i (DOC_i \times W_i)$$

dimana:

Nilai DOC<sub>i</sub> dapat dilihat pada Tabel 2.6 dan W<sub>i</sub> merupakan fraksi komponen sampah jenis i (basis berat sampah) yang tersaji pada Tabel 4.6, sehingga dapat diketahui nilai DOC yang tersaji pada Tabel 4.7.

Tabel 4.6 Fraksi Komponen Sampah Jenis i (W<sub>i</sub>)

No.	Komposisi Sampah (kg)	Komposisi Sampah (%)
1	Organik	77,4
2	Kertas	4,1
3	Plastik	14
4	Logam/Kaleng	0,3
5	Karet	0,0
6	Tekstil/Kain	2
7	Kaca	0,3
8	Lainnya	1,9

(Sumber: Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang, 2013)

Tabel 4.7 Nilai DOC

No.	Komposisi Sampah	W <sub>i</sub> [A]	DOC <sub>i</sub> [B]	DOC [AxB]
1	Organik	0,774	0,15	0,1161
2	Kertas	0,041	0,4	0,0164
3	Plastik	0,14	0,0	0
4	Logam/Kaleng	0,003	0,0	0
5	Karet	0,0	0,39	0
6	Tekstil/Kain	0,02	0,24	0,0048
7	Kaca	0,003	0,0	0
8	Lainnya	0,019	0,0	0
Total				0,137

(Sumber: Hasil Perhitungan)



$DOC_F$  = Fraksi DOC (0,5 berdasarkan Pedoman IPCC 2006)

$F$  = 0,5 (berdasarkan Pedoman IPCC 2006)

$R$  = 0 (berdasarkan Pedoman IPCC 2006, dikarenakan pada TPA Supit Urang belum memiliki alat pengukur gas metan)

$OX$  = 0 (berdasarkan Pedoman IPCC 2006)

$$\begin{aligned}\text{Emisi CH}_4 &= (219 \times 0.70 \times 0,4 \times 0,137 \times 0,5 \times 0,5 \times \frac{16}{12} - 0) \times (1 - 0) \\ &= 2,80 \text{ Gg CH}_4/\text{tahun} \\ &= 2.801 \text{ ton CH}_4/\text{tahun}\end{aligned}$$

#### Konversi emisi CH<sub>4</sub>

$$\begin{aligned}\text{CO}_2\text{-eq} &= \text{Emisi CH}_4 \times 25 \\ &= 2.801 \text{ ton CH}_4/\text{tahun} \times 25 \\ &= 70.035 \text{ ton CO}_2\text{-eq}/\text{tahun}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, telah diketahui emisi CH<sub>4</sub> sebesar 70.035 ton CO<sub>2</sub>-eq/tahun TPA Supit Urang Kota Malang. Selanjutnya dapat dihitung nilai faktor emisi spesifik berdasarkan jumlah penduduk terlayani. Berikut merupakan persamaan untuk penentuan nilai faktor emisi spesifik:

$$FES = E / Nt \quad (4.3)$$

dimana:

$FES$  = faktor emisi spesifik (ton CO<sub>2</sub>-eq/orang.tahun)

$E$  = emisi yang dihasilkan di TPA (ton CO<sub>2</sub>-eq/tahun)

$Nt$  = jumlah penduduk terlayani (orang)

$$\begin{aligned}FES &= 70.035 \text{ ton CO}_2\text{-eq}/\text{tahun} / 588.800 \text{ orang} \\ &= 0,12 \text{ ton CO}_2\text{-eq}/\text{orang.tahun}\end{aligned}$$

Hasil inventarisasi emisi berdasarkan nilai FES menunjukkan bahwa nilai faktor emisi spesifik dari sektor persampahan di Kota Malang cukup besar, hal ini dikarenakan beberapa faktor yakni berdasarkan fungsi pengembangan wilayah Kota Malang merupakan kota pariwisata dan pendidikan. Jumlah timbunan sampah setiap harinya bertambah seiring dengan laju peningkatan jumlah

penduduk. Berikut merupakan hasil perhitungan emisi CO<sub>2</sub> primer yang dihasilkan dari TPA Supit Urang di Kota Malang yang tersaji pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Total Emisi CO<sub>2</sub> primer dari Sektor Persampahan di Kota Malang

No.	Kecamatan	Emisi/Kecamatan (Ton CO <sub>2</sub> /orang.hari)
1	Kedungkandang	-
2	Sukun	70035,34
3	Klojen	-
4	Blimbing	-
5	Lowokwaru	-
<b>Total</b>		<b>70035,34</b>

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berikut merupakan nilai total emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada sektor permukiman dan persampahan di Kota Malang, tersaji pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Total Emisi CO<sub>2</sub> pada sektor Permukiman dan Persampahan Kota Malang

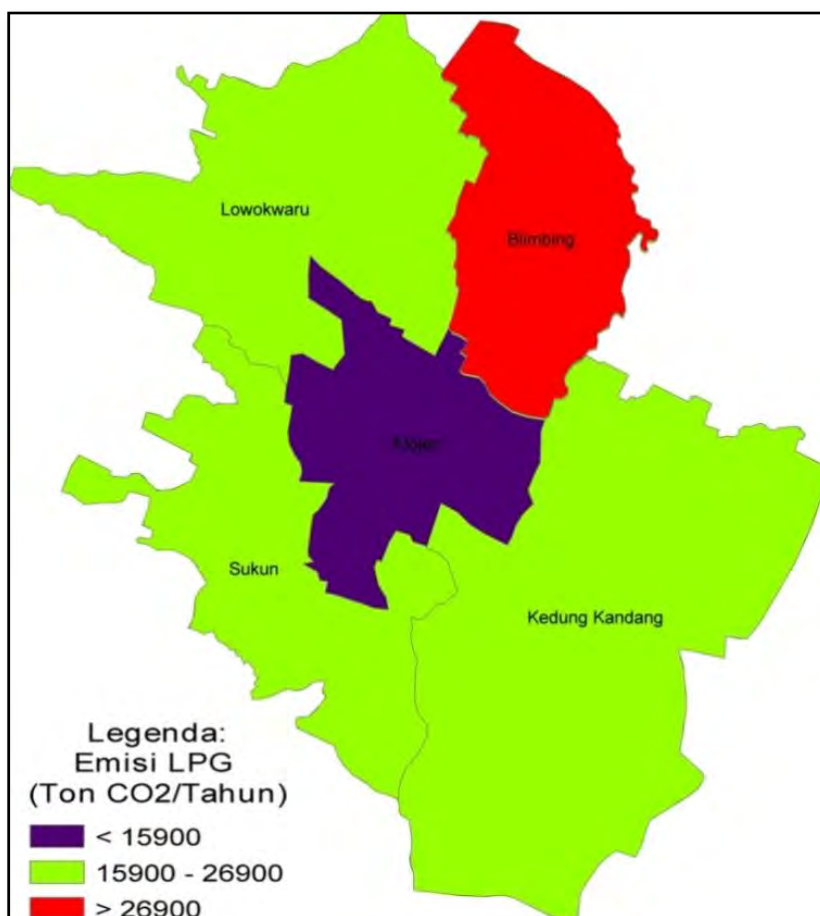
Kecamatan	Jumlah Penduduk (jiwa)	Jumlah Rumah (unit)	Emisi Sampah (ton CO <sub>2</sub> /tahun)	Emisi LPG (ton CO <sub>2</sub> /tahun)	Total (ton CO <sub>2</sub> /tahun)
Kedungkandang	128921	57625	-	25858,86	25858,86
Sukun	128819	58161	70035,34	26233,54	96268,88
Klojen	73257	34159	-	15862,54	15862,54
Blimbing	122333	57535	-	29647,80	29647,80
Lowokwaru	135471	49167	-	26834,46	26834,46
<b>Total</b>	<b>588800</b>	<b>256647</b>	<b>70035,34</b>	<b>124437,20</b>	<b>194472,54</b>

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Inventarisasi data emisi CO<sub>2</sub> Kota Malang tersebut menunjukkan bahwa emisi dari sektor persampahan memberikan pengaruh besar pada jumlah total emisi CO<sub>2</sub> di Kota Malang, ditunjukkan dengan kondisi dimana Kecamatan Sukun memiliki nilai estimasi emisi CO<sub>2</sub> dari penggunaan LPG di permukiman terbesar ketiga setelah Kecamatan Blimbing dan Kecamatan Lowokwaru kemudian menjadi kecamatan yang memiliki nilai estimasi emisi CO<sub>2</sub> terbesar di Kota Malang dari adanya 2 sektor yakni permukiman dan persampahan. Hal ini

dikarenakan adanya keberadaan TPA Supit Urang di kecamatan tersebut. Sehingga emisi CO<sub>2</sub> primer yang dihasilkan hanya terdapat pada Kecamatan Sukun.

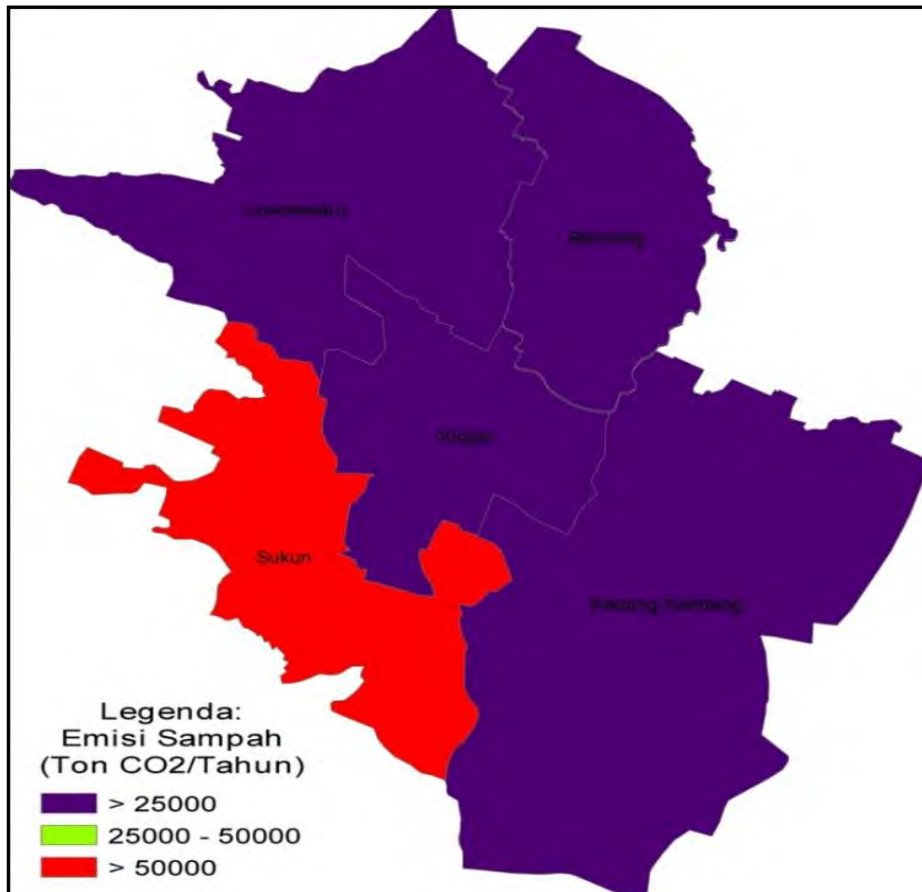
Selanjutnya dilakukan pemetaan penyebaran estimasi emisi CO<sub>2</sub> masing-masing sektor serta dari jumlah dari kedua sektor tersebut. Untuk mempermudah analisis berikut merupakan hasil pemetaan estimasi emisi CO<sub>2</sub> dengan menggunakan *software* Quantum GIS, dapat dilihat pada gambar 4.2 – 4.3 secara berturut-turut.



Gambar 4.2 Pemetaan Estimasi Emisi CO<sub>2</sub> dari Sektor Permukiman

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat diketahui bahwa Kecamatan Klojen yang merupakan pusat kota memiliki persebaran estimasi emisi karbon dari penggunaan bahan bakar LPG yang tergolong rendah, dikarenakan kecamatan tersebut bukan merupakan pusat pariwisata dan pendidikan sehingga kawasan permukiman

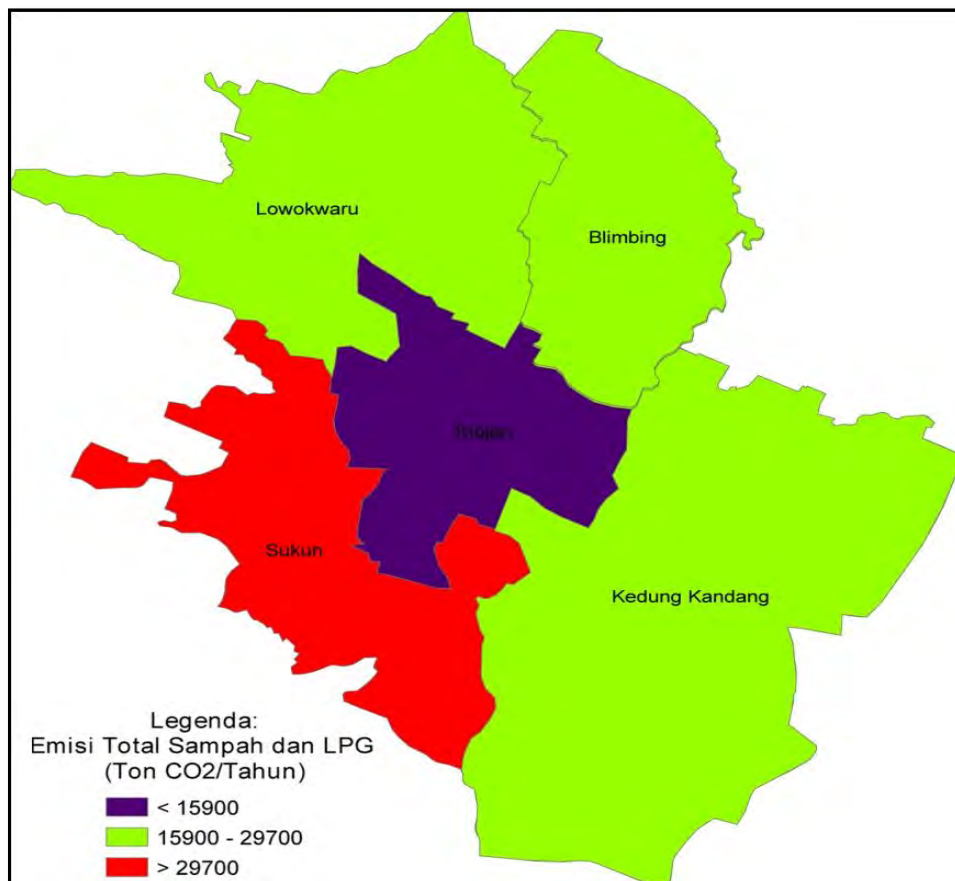
berjumlah lebih sedikit dibandingkan dengan Kecamatan Blimbing yang mempunyai wilayah permukiman lebih luas dan ditunjukkan dengan jumlah penduduk yang cukup tinggi.



Gambar 4.3 Pemetaan Estimasi Emisi CO<sub>2</sub> dari Sektor Persampahan

Sedangkan pada Gambar 4.3 dapat diketahui bahwa Kecamatan Sukun menjadi pusat persebaran estimasi emisi karbon dari sektor persampahan di Kota Malang, hal ini dikarenakan adanya keberadaan TPA Supit Urang di kecamatan tersebut. Sehingga emisi CO<sub>2</sub> primer yang dihasilkan hanya terdapat pada Kecamatan Sukun. Dalam persebaran estimasi emisi CO<sub>2</sub> dapat diketahui bahwa emisi yang dihasilkan dari sektor persampahan memiliki pengaruh besar dalam persebaran estimasi emisi, hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.4 bahwa Kecamatan Sukun merupakan wilayah yang memiliki persebaran estimasi emisi yang

tergolong tinggi serta dikarenakan adanya jumlah penduduk yang cukup tinggi dan adanya TPA Supit Urang pada kecamatan tersebut.



Gambar 4.4 Pemetaan Estimasi Emisi CO<sub>2</sub> dari Sektor Permukiman dan Persampahan

#### 4.2 Aspek Lingkungan

Jumlah penggunaan serta emisi yang dihasilkan dari sektor permukiman dan persampahan menunjukkan bahwa Kota Malang memiliki potensi menyumbang emisi CO<sub>2</sub> cukup besar. Hal ini sangat terkait dengan fungsi pengembangan wilayah Kota Malang yakni pendidikan dan pariwisata, ditunjukkan dengan nilai emisi yang dihasilkan dari sektor persampahan sangat mempengaruhi tiap kecamatan dalam tingkat kondisi emisi CO<sub>2</sub>. Dampak dari besarnya emisi yang dihasilkan dapat diketahui dalam analisis aspek lingkungan.

Berikut merupakan skenario penurunan emisi yang ada di Kota Malang beserta rekomendasi dalam menindak lanjuti kondisi yang ada:

- Skenario 1 = Penggantian sistem TPA Open dumping menjadi Sanitray Landfill dengan tingkat pelayanan tetap yakni 70% dan penggantian penggunaan LPG menjadi Gas Alam dengan kondisi 100% penggantian pada seluruh tipe rumah. Sehingga menghasilkan nilai FES pada permukiman sebesar 2,031 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> gas alam.
- Skenario 2 = Penggantian sistem TPA Open dumping menjadi Sanitray Landfill dengan tingkat pelayanan meningkat yakni 80% dan penggantian penggunaan LPG menjadi Gas Alam dengan kondisi 100% penggantian pada seluruh tipe rumah mewah dan menengah.

Skenario penggantian penggunaan LPG menjadi Gas Alam merupakan salah satu upaya dalam mendukung program pemerintah mengenai penggunaan energi yang lebih bersih. Dalam Draft Petunjuk Teknis Penghitungan Emisi GRK (2013), nilai NCV Gas Alam lebih besar dibandingkan dengan LPG yakni sebesar 48 TJ/Gg sehingga faktor emisi yang dimiliki oleh Gas Alam lebih kecil dibandingkan dengan LPG yakni sebesar 56.100 CO<sub>2</sub>/TJ. Pembangunan infrastruktur jaringan gas memiliki biaya yang tidak sedikit, hal ini dikarenakan adanya pembongkaran jalan dan investasi pipa yang bernilai cukup besar. Hal tersebut merujuk pada hasil skenario 2 yang lebih memungkinkan untuk diterapkan di Kota Malang yakni penggantian gas alam pada masyarakat di tipe rumah mewah dan menengah. Hal ini sesuai dengan hasil kuesioner didapatkan sejumlah 63,33% dari masyarakat di tipe rumah mewah bersedia melakukan penggantian LPG menjadi Gas Alam dan 53,33% dari masyarakat di tipe rumah menengah bersedia melakukan penggantian LPG menjadi Gas Alam. Hasil prosentase berdasarkan kuesioner dapat dilihat pada Lampiran Tabel L.4.

Berikut merupakan hasil estimasi emisi dalam upaya penurunan emisi di sektor permukiman dan persampahan berdasarkan skenario tersebut yang tersaji dalam Tabel 4.10 dan 4.11.

Tabel 4.10 Emisi CO<sub>2</sub> pada Skenario 1 dari Sektor Permukiman dan Persampahan

Kecamatan	Jumlah Penduduk (jiwa)	Jumlah Rumah (unit)	Emisi Sampah (ton CO <sub>2</sub> /tahun)	Emisi LPG (ton CO <sub>2</sub> /tahun)	Total (ton CO <sub>2</sub> /tahun)
Kedungkandang	128921	57625	-	471,14	471,14
Sukun	128819	58161	175088,34	466,88	175555,22
Klojen	73257	34159	-	291,98	291,98
Blimbing	122333	57535	-	585,90	585,90
Lowokwaru	135471	49167	-	558,26	558,26
<b>Total</b>	<b>588800</b>	<b>256647</b>	<b>175088,34</b>	<b>2374,16</b>	<b>177462,5</b>

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.11 Emisi CO<sub>2</sub> pada Skenario 2 dari Sektor Permukiman dan Persampahan

Kecamatan	Jumlah Penduduk (jiwa)	Jumlah Rumah (unit)	Emisi Sampah (ton CO <sub>2</sub> /tahun)	Emisi LPG (ton CO <sub>2</sub> /tahun)	Total (ton CO <sub>2</sub> /tahun)
Kedungkandang	147278	57625	-	4372,71	4372,71
Sukun	147162	58161	200020	3478,90	203498,9
Klojen	83688	34159	-	4812,55	4812,55
Blimbing	139753	57535	-	14241,44	14241,44
Lowokwaru	154761	49167	-	20527,93	20527,93
<b>Total</b>	<b>588800</b>	<b>256647</b>	<b>200020</b>	<b>47433,53</b>	<b>247453,53</b>

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan Tabel 4.10 Skenario 1 memiliki penurunan nilai emisi CO<sub>2</sub> yang cukup memadai dan lebih baik pada sektor permukiman dikarenakan adanya penggantian LPG menjadi Gas Alam pada semua tipe rumah, namun skenario 2 pada Tabel 4.11 tidak memiliki penurunan nilai emisi CO<sub>2</sub> yang cukup memadai pada sektor permukiman karena penggantian LPG menjadi Gas Alam hanya pada tipe rumah mewah dan menengah. Pada sektor persampahan nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) dan estimasi emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada sektor persampahan dengan sistem *sanitary landfill* menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan sistem *open dumping*, hal ini dikarenakan sistem *sanitary landfill* memiliki fasilitas yang memadai sehingga jumlah gas CH<sub>4</sub> yang tertangkap menjadi lebih besar. Jumlah gas CH<sub>4</sub> yang meningkat dengan adanya sistem *sanitary landfill* sehingga dapat dilakukannya pengumpulan dan pemanfaatan gas agar tidak lepas ke udara,

sehingga tidak menambah beban emisi yang terakumulasi di udara. Berikut merupakan beberapa upaya mitigasi Gas Rumah Kaca dengan sistem sanitary landfill:

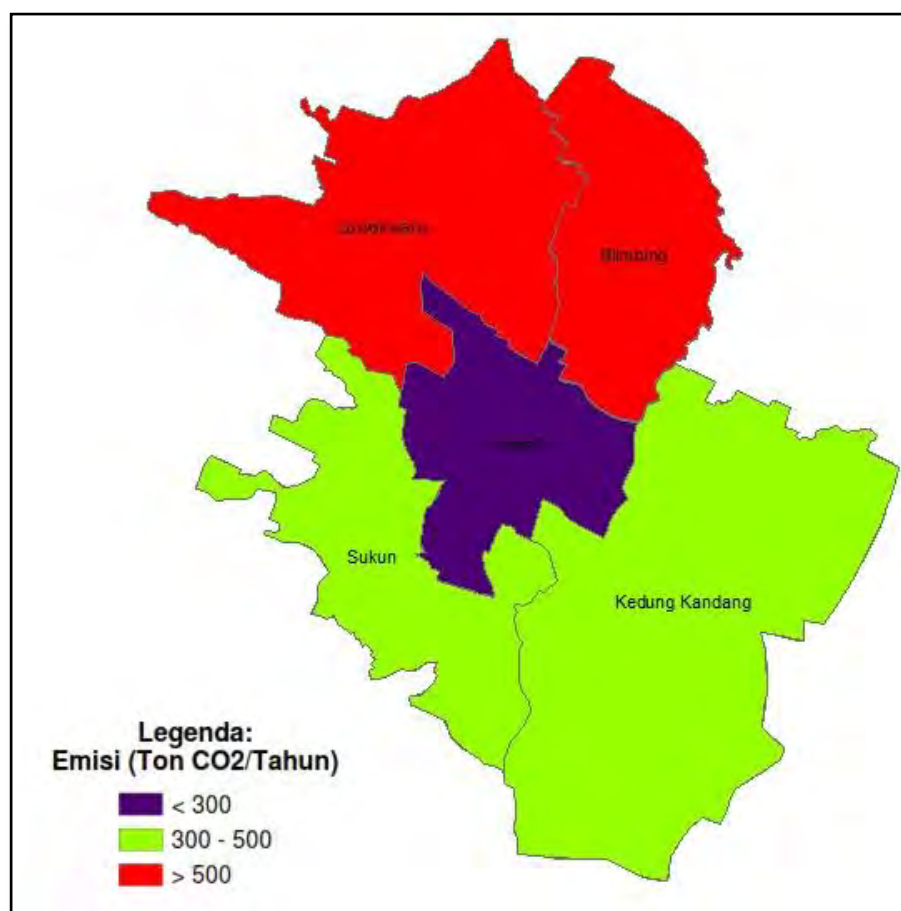
- Pengembangan energi dari sumber terbarukan, menjadikan gas CH<sub>4</sub> yang berasal dari TPA dengan sistem *sanitary landfill* sebagai pembangkit energi yang dapat secara langsung digunakan. Sejalan dengan tujuan itu, pemerintah telah menerbitkan Peraturan Menteri ESDM No. 19 Tahun 2013, mengenai *feed in tariff* untuk listrik yang dihasilkan dari sampah, yakni sebesar Rp. 1.250 kWh dan Rp. 1.598/kWh. Diperlukannya alat ukur gas metana di TPA dengan tujuan mengetahui jumlah pasti gas metana yang tersedia. Agar dapat dilakukannya kajian dan perhitungan yang lebih rinci dalam proses pengembangan sistem. Berdasarkan penelitian terdahulu, nilai konversi energi gas metana 1 m<sup>3</sup> setara dengan 9,39 kWh (Sorensen, 2007).
- Optimasi sambungan rumah gas metana untuk memasak, telah diketahui bahwa TPA Supit Urang telah memiliki 300 SR yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar keperluan rumah tangga di sekitar TPA (Dinas Pertamanan dan Kebersihan, 2013). Kondisi tersebut masih jauh dari kondisi ideal, dimana ketersediaan fasilitas yang dimiliki TPA Supit Urang masih sangat minim. Contohnya, ketidak tersediaannya alat ukur gas metana. Hal ini juga dikarenakan sistem TPA yang masih *open dumping*.
- *Landfill-Gas to Energy* dan *Gasification*, gas *landfill* yang dihasilkan dapat digunakan sebagai Bahan Bakar Gas transportasi khususnya untuk menjalankan truk sampah. (Badan Pegkajian dan Penerapan Teknologi, 2013)

Sedangkan emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari sektor permukiman pada penggunaan gas alam sebagai bahan bakar menjadi jauh lebih kecil dibandingkan dengan LPG. Hal ini dikarenakan adanya efisiensi jumlah penggunaan bahan bakar tersebut, telah diketahui rata-rata jumlah penggunaan gas alam di permukiman sebesar 5-6 m<sup>3</sup> (Suhedi, 2013). Sejalan dengan tujuan pengurangan emisi, dapat diarahkan pada regulasi pemerintah daerah mengenai:

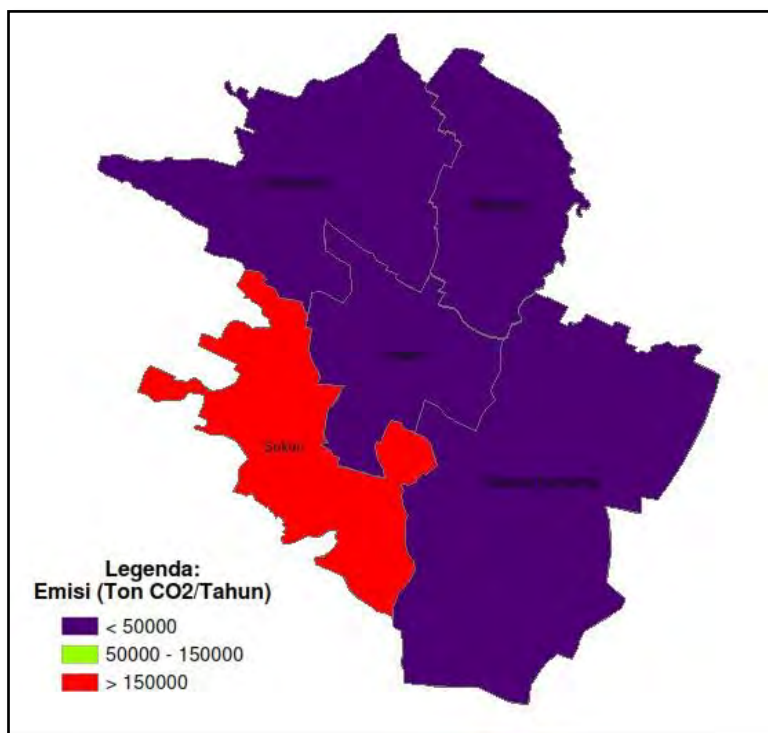


1. Efisiensi penggunaan energi; sosialisasi pola konsumsi hemat pada penggunaan bahan bakar di sektor permukiman.
2. Penggunaan jenis bahan bakar dengan kandungan karbon rendah
3. Peningkatan penggunaan energi terbarukan atau teknologi konversi energi rendah emisi

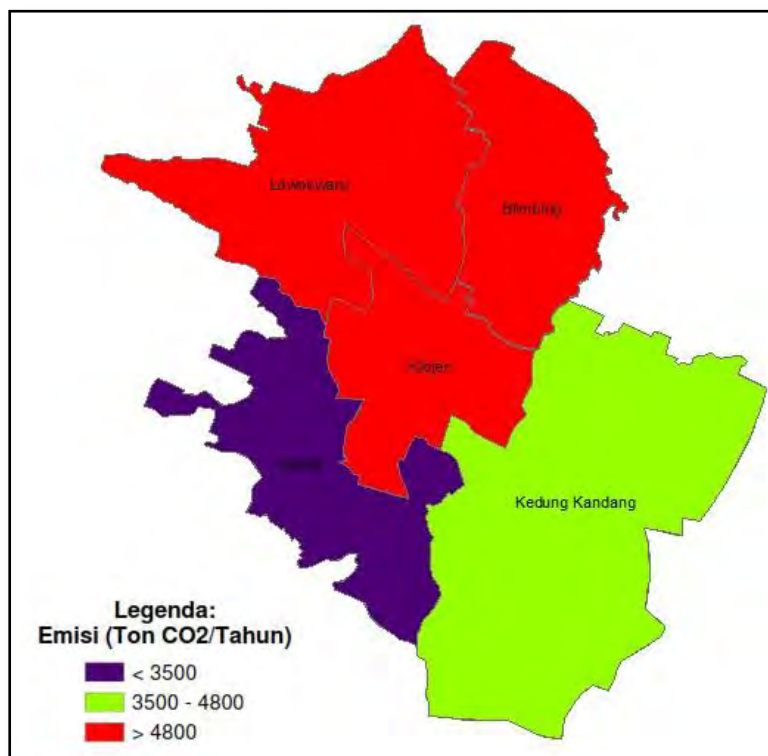
Berikut merupakan pemetaan estimasi emisi CO<sub>2</sub> berdasarkan hasil skenario 1 dan 2 tersaji pada Gambar 4.6 dan 4.7



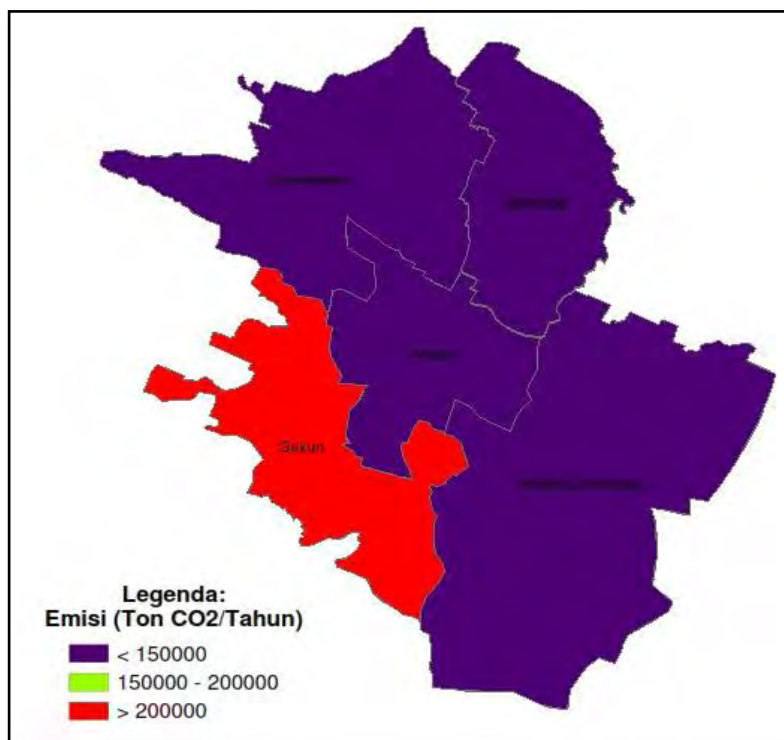
Gambar 4.5 Pemetaan Estimasi Emisi CO<sub>2</sub> dari Skenario 1 Pada Sektor Permukiman



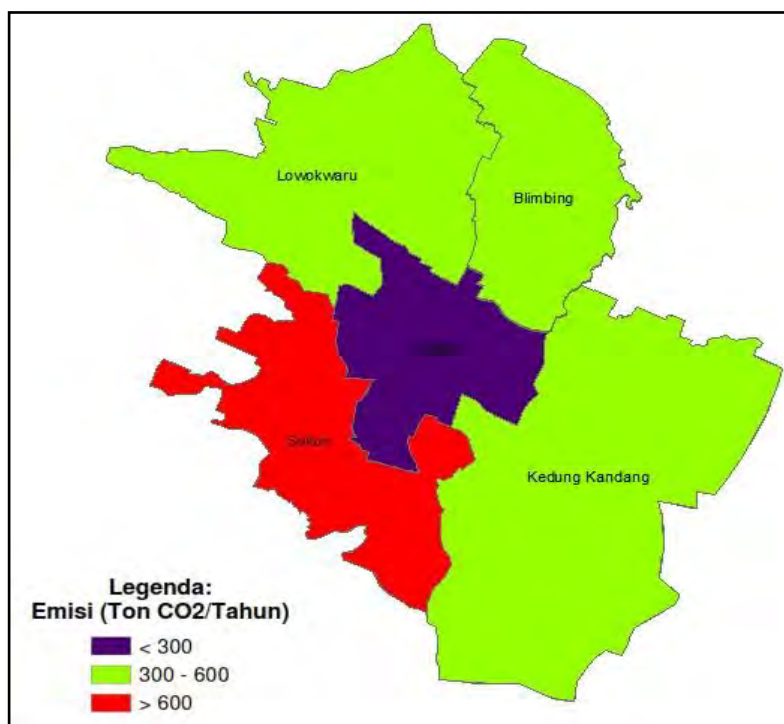
Gambar 4.6 Pemetaan Estimasi Emisi CO<sub>2</sub> dari Skenario 1 Pada Sektor Persampahan



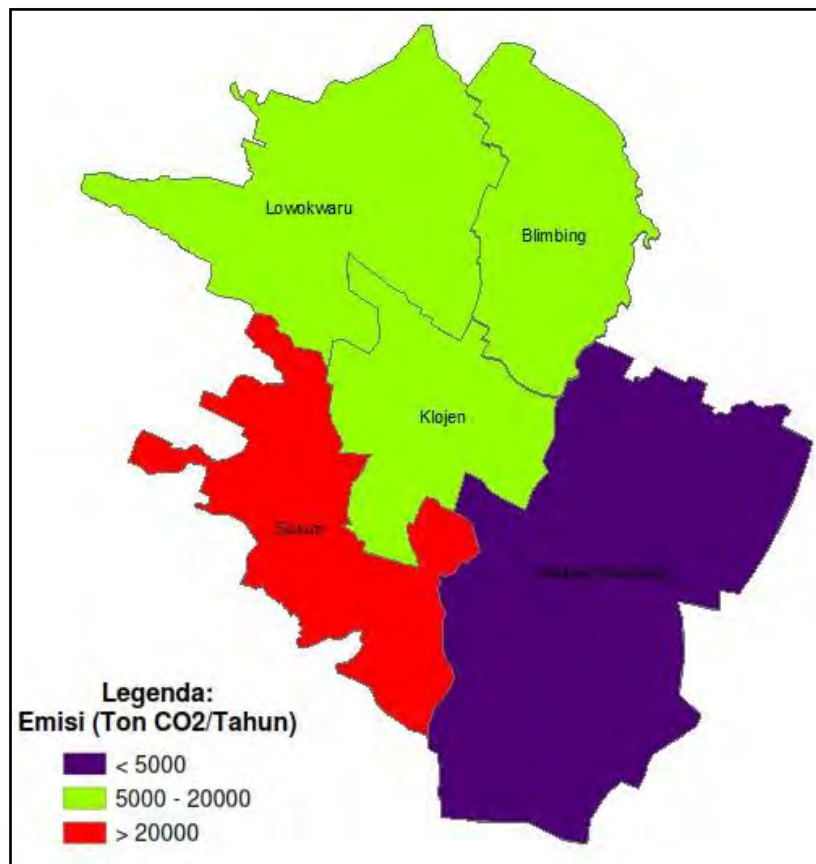
Gambar 4.7 Pemetaan Estimasi Emisi CO<sub>2</sub> dari Skenario 2 Pada Sektor Permukiman



Gambar 4.8 Pemetaan Estimasi Emisi CO<sub>2</sub> dari Skenario 2 Pada Sektor Persampahan



Gambar 4.9 Pemetaan Estimasi Emisi CO<sub>2</sub> dari Skenario 1 Pada Sektor Permukiman dan Persampahan



Gambar 4.10 Pemetaan Estimasi Emisi CO<sub>2</sub> dari Skenario 2 Pada Sektor Permukiman dan Persampahan

\Berdasarkan hasil perhitungan dan pemetaan dari setiap skenario, didapatkan nilai emisi yang paling rendah yang dihasilkan dari skenario 1. Hal ini dikarenakan adanya peralihan penggunaan bahan LPG ke Gas Alam di seluruh tipe rumah yang ada di Kota Malang.

### 4.3 Aspek Ekonomi

Analisis yang dilakukan pada aspek ekonomi bertujuan untuk mengetahui keuntungan secara ekonomi yang telah diperhitungkan nilainya pada aspek teknis dan lingkungan. Dalam analisis aspek ekonomi, dilakukan perhitungan biaya yang dapat diminimalisasi oleh konsumen energi di sektor permukiman Kota Malang dan biaya yang dapat dihasilkan dari sistem yang ada di TPA Supit Urang.

#### 4.3.1 Aspek Ekonomi pada Sektor Permukiman

Menurut Suhedi (2011), penggunaan energi dari LPG menjadi Gas Alam dapat diketahui bahwa adanya efisiensi konsumsi energi sebesar  $\pm$ Rp. 35.000,-/unit.bulan dengan asumsi penggunaan LPG sebesar Rp. 55.000,-/unit.bulan sedangkan Gas Alam hanya sebesar Rp. 20.000,-/unit.bulan. Sedangkan berdasarkan 2 responden yang ada di Surabaya dengan tipe rumah menengah dan mewah memiliki rata-rata pengeluaran biaya dan jumlah konsumsi energi Gas Alam hanya sebesar 5-6 m<sup>3</sup>/unit.bulan dengan biaya Rp. 30.000,-/unit.bulan sedangkan penggunaan LPG memiliki jumlah konsumsi sebesar 15 kg/unit.bulan dengan biaya Rp. 134.000,-/unit.bulan hal ini dapat digunakannya asumsi nilai kesetaraan jumlah konsumsi energi sebesar 1 kg LPG = 0,5 m<sup>3</sup> gas alam. Dilakukannya perhitungan efisiensi biaya dan jumlah konsumsi energi pada sektor permukiman di Kota Malang berdasarkan jenis dan jumlah LPG yang telah diketahui pada penelitian ini. Berikut merupakan perhitungan efisiensi biaya penggunaan bahan bakar pada sektor permukiman di Kota Malang berdasarkan nilai kesetaraan jumlah konsumsi energi. Tersaji selengkapnya pada Tabel 4.12

Tabel 4.12 Efisiensi Biaya Bahan Bakar Pada Sektor Permukiman

No.	Jenis LPG	Jumlah Konsumsi	Biaya	Jumlah Konsumsi Gas Alam	Biaya
	(kg)	(kg/bulan)	(Rupiah/bulan)	(m <sup>3</sup> /bulan)	(Rupiah/bulan)
1.	12 dan 3	15	134.000	6 m <sup>3</sup>	30.000
2.	3	15	70.000	6 m <sup>3</sup>	30.000

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Peralihan penggunaan LPG menjadi Gas Alam memiliki nilai efisiensi secara ekonomi pada setiap konsumen pengguna bahan bakar di tiap rumah. Berdasarkan hasil perhitungan diatas, rumah yang menggunakan LPG 12 kg dan 3 kg selama 1 bulan dengan tarif sebesar Rp. 134.000,- lalu berganti menggunakan Gas Alam, memiliki jumlah konsumsi energi sebesar 5-6 m<sup>3</sup>/bulan/rumah dengan tarif Rp. 30.000,-. Hal ini menunjukkan adanya efisiensi biaya konsumsi energi yakni sebesar Rp. 104.000,-

#### 4.3.2 Aspek Ekonomi pada Sektor Persampahan

Pemanfaatan gas metan menjadi bahan bakar sebagai pembangkit energi alternatif telah dikaji oleh Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Kota Malang. Menurut laporan Bappeda Kota Malang, telah diketahui korelasi antara prosentase gas metan dan nilai kalor dengan menggunakan alat bomb kalori meter, nilai tersebut tersaji dalam Tabel 4.13 sebagai berikut:

Tabel 4.13 Korelasi Antara Prosentase Gas Metan dan Nilai Kalor

No.	Prosentase Gas Metan (%)	Nilai Kalor (kkal)	Warna Api	Setara
1	< 30	8000	Merah-kuning	Kayu bakar
2	30-40	10000	Kuning-biru	Minyak tanah
3	40-50	15000	Biru muda	Blue gas
4	> 50	18000	Biru-putih	LPG

Sumber: Bappeda, 2009

Berdasarkan hasil penelitian *Team MCTAP-BPPT* yang telah dilakukan pada tahun 2013 di TPA Supit Urang Kota Malang sebesar 50-55% CH<sub>4</sub>. Sehingga dapat diketahui bahwa prosentase gas metan yang dihasilkan pada kondisi eksisting di TPA Supit Urang memiliki nilai kalor yang setara dengan LPG. Dalam analisis aspek ekonomi diasumsikan jika 5 m<sup>3</sup> gas metan setara dengan 12 kg LPG maka nilai rupiah dari gas metan yang dihasilkan, sebesar  $= \frac{1}{5} \times \text{Rp. } 5.300 = \text{Rp. } 1.060,-$  berikut merupakan hasil perhitungan prakiraan satuan harga yang dapat diperoleh pada sektor persampahan.

- Berdasarkan skenario 1, volume gas metan yang dihasilkan sebesar 1379696,12 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/tahun maka dapat dihasilkan prakiraan satuan harga Rp. 1.462.477.886 /tahun.
- Berdasarkan skenario 2, volume gas metan yang dihasilkan sebesar 1576157,6 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/tahun maka dapat dihasilkan prakiraan satuan harga Rp. 1.670.727.056 /tahun.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan, kajian dan analisis yang sudah dilakukan dalam penelitian tersebut, dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Rumah sederhana memiliki nilai tertinggi dalam menghasilkan emisi karbon sebesar 55.891 Ton CO<sub>2</sub>/tahun, rumah menengah 50.412 Ton CO<sub>2</sub>/tahun dan rumah mewah menghasilkan 17.921 Ton CO<sub>2</sub>/tahun. Hal ini dikarenakan jumlah rumah sederhana yang ada di Kota Malang memiliki jumlah rumah paling besar dibandingkan dengan tipe rumah lainnya. Dan juga adanya faktor pendukung dalam besarnya estimasi emisi yakni jumlah penghuni dan pola aktifitasnya. Sedangkan estimasi emisi karbon yang dihasilkan dari sektor persampahan di Kota Malang sebesar 70.035,34 Ton CO<sub>2</sub>/tahun dan emisi CO<sub>2</sub> primer dihasilkan di Kecamatan Sukun, dikarenakan adanya TPA Supit Urang di kecamatan tersebut.
2. Hasil yang ditunjukkan dari SIG yang dikaitkan dengan fungsi pengembangan wilayah didapatkan bahwa Kecamatan Klojen menghasilkan emisi terendah meskipun kecamatan tersebut merupakan pusat kota, namun bukan merupakan pusat pariwisata dan pendidikan. Sedangkan Kecamatan Blimbing memiliki tingkat emisi yang tinggi pada sektor permukiman karena wilayah ini merupakan pengembangan pariwisata dan pendidikan, dan Kecamatan Sukun yang merupakan wilayah penghasil emisi primer dari sektor persampahan dikarenakan adanya TPA Supit Urang di kecamatan tersebut.
3. Aspek teknis di sektor permukiman menunjukkan Kecamatan Blimbing memiliki nilai tertinggi sebesar 29.647,80 CO<sub>2</sub>/tahun. Sedangkan estimasi emisi di sektor persampahan sebesar 70.035,34 CO<sub>2</sub>/tahun. Untuk skenario I pada estimasi aspek lingkungan untuk sektor permukiman, nilai maksimum terdapat pada Kecamatan Blimbing hanya sebesar 585,90 CO<sub>2</sub>/tahun. Skenario II didapatkan nilai maksimum sebesar 20.527,93

CO<sub>2</sub>/tahun untuk Kecamatan Lowokwaru. Sedangkan Aspek Ekonomi, pada sektor permukiman didapatkan Rp.104.000 sebagai estimasi efisiensi biaya konsumsi energi perbulan untuk setiap rumah dengan menggunakan Gas Alam. Pada sektor persampahan, berdasarkan skenario 1 dihasilkan prakiraan satuan harga Rp. 1.462.477.886 /tahun, sedangkan pada skenario 2 sebesar Rp. 1.670.727.056 /tahun.

## **5.2 Saran**

Beberapa saran yang dapat dilakukan untuk kelanjutan dari penelitian ini antara lain :

1. Kajian mengenai faktor emisi hasil aktivitas jenis rumah tangga seperti rumah tinggal, ruko dan apartemen.
2. Kajian mengenai faktor emisi spesifik yang dihasilkan dari sektor persampahan tiap tipe rumah.
3. Kajian komposisi gas alam yang dapat digunakan di Kota Malang untuk menentukan faktor emisi yang lebih spesifik.
4. Kajian spesifik mengenai dampak pola pengembangan wilayah lain terhadap perubahan emisi yang dihasilkan.



## LAMPIRAN

**Tabel L.1 Jumlah Pemakaian LPG Rumah Mewah Berdasarkan Hasil Sampling**

Kecamatan	Konsumsi LPG (kg)	Periode Pembelian (hari)	Konsumsi per bulan (kg)	Konsumsi per hari (kg)	Konsumsi per tahun (kg)	Emisi (kg CO <sub>2</sub> /tahun)	Emisi (ton CO <sub>2</sub> /tahun)
Klojen	15	30	15	0,50	180	537,23	0,54
Klojen	15	30	15	0,50	180	537,23	0,54
Klojen	15	20	23	0,75	270	805,85	0,81
<b>Total</b>							1,88

**Tabel L.2 Jumlah Pemakaian LPG Rumah Menengah Berdasarkan Hasil Sampling**

Kecamatan	Konsumsi LPG (kg)	Periode Pembelian (hari)	Konsumsi per bulan (kg)	Konsumsi per hari (kg)	Konsumsi per tahun (kg)	Emisi (kg CO <sub>2</sub> /tahun)	Emisi (ton CO <sub>2</sub> /Tahun)
Sukun	12	30	12	0,40	144	429,79	0,43
Sukun	3	15	6	0,20	72	214,89	0,21
Sukun	15	15	30	1,00	360	1074,47	1,07
Sukun	3	7	13	0,43	154	460,49	0,46
Sukun	3	15	6	0,20	72	214,89	0,21
Kedungkandang	12	10	36	1,20	432	1289,36	1,29
Kedungkandang	12	14	26	0,86	309	920,97	0,92
Kedungkandang	3	20	5	0,15	54	161,17	0,16
Kedungkandang	12	30	12	0,40	144	429,79	0,43
Kedungkandang	3	10	9	0,30	108	322,34	0,32
Blimbing	15	30	15	0,50	180	537,23	0,54
Blimbing	3	20	5	0,15	54	161,17	0,16
Blimbing	15	20	23	0,75	270	805,85	0,81
Blimbing	3	14	6	0,21	77	230,24	0,23
Blimbing	12	20	18	0,60	216	644,68	0,64
<b>Total</b>							7,90

**Tabel L.3 Jumlah Pemakaian LPG Rumah Sederhana Berdasarkan Hasil Sampling**

Kecamatan	Konsumsi LPG (kg)	Periode Pembelian (hari)	Konsumsi per bulan (kg)	Konsumsi per hari (kg)	Konsumsi per tahun (kg)	Emisi (kg CO <sub>2</sub> /tahun)	Emisi (ton CO <sub>2</sub> /tahun)
Klojen	3	3	30	1,00	360	1074,47	1,07
Klojen	3	4	23	0,75	270	805,85	0,81
Klojen	3	30	3	0,10	36	107,45	0,11
Klojen	3	5	18	0,60	216	644,68	0,64
Klojen	3	5	18	0,60	216	644,68	0,64
Klojen	3	10	9	0,30	108	322,34	0,32
Klojen	3	7	13	0,43	154	460,49	0,46
Klojen	3	7	13	0,43	154	460,49	0,46
Klojen	3	5	18	0,60	216	644,68	0,64
Klojen	3	15	6	0,20	72	214,89	0,21
Sukun	3	12	8	0,25	90	268,62	0,27
Sukun	3	10	9	0,30	108	322,34	0,32
Sukun	3	20	5	0,15	54	161,17	0,16
Sukun	3	25	4	0,12	43	128,94	0,13
Sukun	3	15	6	0,20	72	214,89	0,21
Sukun	3	7	13	0,43	154	460,49	0,46
Sukun	3	3	30	1,00	360	1074,47	1,07
Sukun	3	7	13	0,43	154	460,49	0,46
Sukun	3	14	6	0,21	77	230,24	0,23
Sukun	3	7	13	0,43	154	460,49	0,46
Kedungkandang	3	15	6	0,20	72	214,89	0,21
Kedungkandang	3	10	9	0,30	108	322,34	0,32
Kedungkandang	3	10	9	0,30	108	322,34	0,32
Kedungkandang	3	5	18	0,60	216	644,68	0,64
Kedungkandang	3	10	9	0,30	108	322,34	0,32
Kedungkandang	3	14	6	0,21	77	230,24	0,23

Kecamatan	Konsumsi LPG (kg)	Periode Pembelian (hari)	Konsumsi per bulan (kg)	Konsumsi per hari (kg)	Konsumsi per tahun (kg)	Emisi (kg CO <sub>2</sub> /tahun)	Emisi (ton CO <sub>2</sub> /tahun)
kandang							
Kedung	3	4	23	0,75	270	805,85	0,81
kandang							
Kedung	3	15	6	0,20	72	214,89	0,21
kandang							
Kedung	3	14	6	0,21	77	230,24	0,23
kandang							
Kedung	3	7	13	0,43	154	460,49	0,46
kandang							
Blimbing	3	10	9	0,30	108	322,34	0,32
Blimbing	3	7	13	0,43	154	460,49	0,46
Blimbing	3	7	13	0,43	154	460,49	0,46
Blimbing	3	10	9	0,30	108	322,34	0,32
Blimbing	3	10	9	0,30	108	322,34	0,32
Blimbing	3	15	6	0,20	72	214,89	0,21
Blimbing	3	7	13	0,43	154	460,49	0,46
Blimbing	3	15	6	0,20	72	214,89	0,21
Blimbing	3	20	5	0,15	54	161,17	0,16
Blimbing	3	10	9	0,30	108	322,34	0,32
Lowokwaru	3	5	18	0,60	216	644,68	0,64
Lowokwaru	3	7	13	0,43	154	460,49	0,46
Lowokwaru	3	10	9	0,30	108	322,34	0,32
Lowokwaru	3	15	6	0,20	72	214,89	0,21
Lowokwaru	3	5	18	0,60	216	644,68	0,64
Lowokwaru	3	5	18	0,60	216	644,68	0,64
Lowokwaru	3	10	9	0,30	108	322,34	0,32
Lowokwaru	3	7	13	0,43	154	460,49	0,46
Lowokwaru	3	7	13	0,43	154	460,49	0,46
<b>Total</b>							20,37

**Tabel L.4 Prosentase Kesiediaan Penggantian LPG ke Gas Alam Pada Tiap Tipe Rumah Berdasarkan Hasil Sampling**

Tipe Rumah	% Gas Alam
Mewah	63,33%
Menengah	53,33%
Sederhana	-

**Tabel L.5 Data Responden Penggunaan LPG di Tipe Rumah Mewah**

Nama Responden	Tipe Rumah	Kecamatan	Kelurahan	Pekerjaan	Jumlah Penghuni	Jumlah LPG	Jenis LPG	Periode Pembelian (hari)
Bu Vita Ketut	Mewah	Klojen	Gadingkasri	Wiraswasta Jahit	4	2	3 kg & 12 kg	30
Bu Suryanti	Mewah	Klojen	Gadingkasri	Dokter	6	4	12 kg	30
Bu Hari Purnomo	Mewah	Klojen	Gadingkasri	Dokter	5	2	12 kg	30

**Tabel L.6 Data Responden Penggunaan LPG di Tipe Rumah Menengah**

Nama Responden	Tipe Rumah	Kecamatan	Kelurahan	Pekerjaan	Jumlah Penghuni	Jumlah LPG	Jenis LPG	Periode Pembelian (hari)
Bu Wulan	Menengah	Sukun	Bandungrejosari	Wiraswasta	22	1	3kg	7
Bu Indah	Menengah	Sukun	Bandungrejosari	Dokter	7	2	3 kg & 12 kg	7
Bu Tini	Menengah	Sukun	Bandungrejosari	Wiraswasta	4	1	3 kg	14
Pak Soejatmiko	Menengah	Sukun	Bandungrejosari	Wiraswasta	6	1	12 kg	14
Pak Gatot	Menengah	Sukun	Bandungrejosari	Wiraswasta	12	1	12 kg	14
Pak Agus Sukarno	Menengah	Kedungkandang	Sawojajar	Dosen	5	2	12 kg	14
Pak Dandung	Menengah	Kedungkandang	Sawojajar	Pensiunan	3	1	3 kg	20
Bu Eko Setyawan	Menengah	Kedungkandang	Sawojajar	Dosen	4	1	12 kg	20
Bu Muhajir	Menengah	Kedungkandang	Sawojajar	Wiraswasta	2	1	12 kg	30
Bu Edi Pujo	Menengah	Kedungkandang	Sawojajar	Swasta	5	1	3 kg & 12 kg	20

Nama Responden	Tipe Rumah	Kecamatan	Kelurahan	Pekerjaan	Jumlah Penghuni	Jumlah LPG	Jenis LPG	Periode Pembelian (hari)
Bu Nurhisam	Menengah	Blimbing	Purwodadi	Pensiunan	5	1	3 kg & 12 kg	20
Bu Sumardi	Menengah	Blimbing	Purwodadi	PNS	8	3	3 kg & 12 kg	20
Bu Rossa	Menengah	Blimbing	Purwodadi	Wiraswasta	3	1	3 kg	30
Bu Sunarno	Menengah	Blimbing	Purwodadi	Swasta	3	1	3 kg	30
Bu Gianto	Menengah	Blimbing	Purwodadi	Swasta	4	1	3 kg dan 12 kg	20

**Tabel L.7 Data Responden Penggunaan LPG di Tipe Rumah Sederhana**

Nama Responden	Tipe Rumah	Kecamatan	Kelurahan	Pekerjaan	Jumlah Penghuni	Jumlah LPG	Jenis LPG	Periode Pembelian (hari)
Bu Astuti	Sederhana	Klojen	Gadingkasri	PNS	5	1	3 kg	3
Bu Suma'iyah	Sederhana	Klojen	Gadingkasri	Swasta	2	1	3 kg	4
Bu Nurhidayati	Sederhana	Klojen	Gadingkasri	Wiraswasta	4	1	3 kg	30
Bu Suyati	Sederhana	Klojen	Gadingkasri	Wiraswasta	7	3	3 kg	5
Bu Siti Manah	Sederhana	Klojen	Gadingkasri	Wiraswasta	5	4	3 kg	5
Bu Istiannah	Sederhana	Klojen	Gadingkasri	Pensiunan	4	1	3 kg	14
Pak Andri Cahyo	Sederhana	Klojen	Gadingkasri	Wiraswasta	3	1	3 kg	14
Bu Supandri	Sederhana	Klojen	Gadingkasri	Wiraswasta	4	1	3 kg	14
Bu Soehartono	Sederhana	Klojen	Gadingkasri	Wiraswasta	4	1	3 kg	14
Bu Maulidah	Sederhana	Klojen	Gadingkasri	PNS	4	1	3 kg	14
Bu Ida	Sederhana	Sukun	Bandungrejosari	Wiraswasta	5	1	3 kg	10

Nama Responden	Tipe Rumah	Kecamatan	Kelurahan	Pekerjaan	Jumlah Penghuni	Jumlah LPG	Jenis LPG	Periode Pembelian (hari)
Bu Muliawati	Sederhana	Sukun	Bandungrejosari	Wiraswasta	3	1	3 kg	10
Pak Kusnanto	Sederhana	Sukun	Bandungrejosari	PNS	4	1	3 kg	20
Pak Wjiaya	Sederhana	Sukun	Bandungrejosari	PNS	6	1	3 kg	14
Bu Rusdyan	Sederhana	Sukun	Bandungrejosari	Swasta	5	1	3 kg	14
Pak Abdul	Sederhana	Sukun	Bandungrejosari	Swasta	5	1	3 kg	14
Bu Sri Maeni	Sederhana	Sukun	Bandungrejosari	Swasta	4	1	3 kg	20
Bu Endah	Sederhana	Sukun	Bandungrejosari	Wiraswasta	3	1	3 kg	20
Bu Yayuk	Sederhana	Sukun	Bandungrejosari	Swasta	3	1	3 kg	20
Bu Uswatun	Sederhana	Sukun	Bandungrejosari	Swasta	3	1	3 kg	20
Pak Herman	Sederhana	Kedungkandang	Sawojajar	Swasta	4	1	3 kg	15
Pak Bayu Gunawan	Sederhana	Kedungkandang	Sawojajar	Wiraswasta	3	1	3 kg	15
Bu Daya	Sederhana	Kedungkandang	Sawojajar	Swasta	5	1	3 kg	10
Bu Jatmiko	Sederhana	Kedungkandang	Sawojajar	PNS	2	1	3 kg	15
Bu Isnaini	Sederhana	Kedungkandang	Sawojajar	PNS	5	1	3 kg	10
Bu Sudarmo	Sederhana	Kedungkandang	Sawojajar	Wiraswasta	2	1	3 kg	20
Bu Fitria Yulianti	Sederhana	Kedungkandang	Sawojajar	PNS	5	1	3 kg	15
Bu Wildan	Sederhana	Kedungkandang	Sawojajar	Wiraswasta	4	1	3 kg	15
Pak Rochim	Sederhana	Kedungkandang	Sawojajar	PNS	5	1	3 kg	10
Pak Abdul	Sederhana	Kedungkandang	Sawojajar	Swasta	5	1	3 kg	10
Bu Bahtiar	Sederhana	Blimbing	Purwodadi	Wiraswasta	4	1	3 kg	10
Bu Sujiyati	Sederhana	Blimbing	Purwodadi	Wiraswasta	3	1	3 kg	7

Nama Responden	Tipe Rumah	Kecamatan	Kelurahan	Pekerjaan	Jumlah Penghuni	Jumlah LPG	Jenis LPG	Periode Pembelian (hari)
Bu Sri Giman	Sederhana	Blimbing	Purwodadi	Wiraswasta	3	1	3 kg	10
Bu Qodri	Sederhana	Blimbing	Purwodadi	Swasta	5	1	3 kg	10
Bu Misri	Sederhana	Blimbing	Purwodadi	Swasta	4	1	3 kg	10
Bu Sylvia Lengkong	Sederhana	Blimbing	Purwodadi	Swasta	3	1	3 kg	20
Bu Aulya	Sederhana	Blimbing	Purwodadi	Dokter	4	1	3 kg	15
Bu Anggraini	Sederhana	Blimbing	Purwodadi	Swasta	4	1	3 kg	15
Bu Retno Ekowati	Sederhana	Blimbing	Purwodadi	Swasta	2	1	3 kg	20
Bu Fairus	Sederhana	Blimbing	Purwodadi	Swasta	2	1	3 kg	15
Bu Andi	Sederhana	Lowokwaru	Tasikmadu	Swasta	3	1	3 kg	15
Bu Leni	Sederhana	Lowokwaru	Tasikmadu	Swasta	4	1	3 kg	15
Bu Sulastri	Sederhana	Lowokwaru	Tasikmadu	Pensiunan	2		3 kg	20
Bu Buadi	Sederhana	Lowokwaru	Tasikmadu	Wiraswasta	4	1	3 kg	15
Pak Khoiron	Sederhana	Lowokwaru	Tasikmadu	Pensiunan	2	1	3 kg	20
Bu Eddi Widodo	Sederhana	Lowokwaru	Tasikmadu	PNS	5	1	3 kg	15
Bu Sudono	Sederhana	Lowokwaru	Tasikmadu	PNS	5	1	3 kg	15
Pak Takariani	Sederhana	Lowokwaru	Tasikmadu	Wiraswasta	3	1	3 kg	15
Bu Wiji	Sederhana	Lowokwaru	Tasikmadu	Wiraswasta	4	1	3 kg	15



## DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. 2006. *Metodelogi penelitian*. Yogyakarta: Bina Aksara.
- Astari, G. 2012. *Studi Jejak Karbon dari Aktivitas Permukiman di Kecamatan Pademangan Kotamadya Jakata Utara*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Badan Pegkajian dan Penerapan Teknologi, 2013. *Potensi Emisi Gas Metana di TPA Supit Urang*. Jakarta: Indonesia.
- Badan Pusat Statistik. 2007. *Kota Malang Dalam Angka: Statistik dan Permukiman, Modul Perumahan Susenas*. Surabaya.
- Badan Pusat Statistik. 2014 . *Kota Malang Dalam Angka*. Malang.
- Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah, 2009. *Studi Kelayakan Penangkapan Gas Metan di TPA Supit Urang*. Malang.
- Boedisantoso, R. 2014. *Pengembangan Metode Perhitungan Emisi CO<sub>2</sub>-e dari Limbah Tinja dan Penggunaan Bahan Bakar LPG Aktivitas Rumah Tangga*. Surabaya: Teknik Lingkungan ITS.
- IPCC. 1995. *Greenhouse gas inventory reference manual*. IPCC WGI Technical Support Unit, Hardley Center, Meteorology Office, London Road, Braknell, RG 122 NY, United Kongdom.
- Kerkhof, A. *et all*. 2009, *Determinants of Variation in Household CO<sub>2</sub> Emissions between and within Countries*. Energy Policy, 37: 1509-517
- Keputusan Bersama Menteri Dalam Negeri Pekerjaan Umum dan Menteri Negara Perumahan Rakyat No.638-384. 1992. *Pedoman Pembangunan Perumahan dan Permukiman dengan Lingkungan Hidup yang berimbang*. Jakarta, Indonesia.
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2012a. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional: Buku I Pedoman Umum*. Jakarta: Indonesia.
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2012b. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional: Buku II Volumen I Metodologi Perhitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca, Pengadaan dan Penggunaan Energi*. Jakarta: Indonesia.

- Kementrian Lingkungan Hidup. 2012a. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional: Buku II Volume 4 Metodologi Perhitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca, Pengelolaan Limbah*. Jakarta: Indonesia.
- Purnama, A. 2011. *Model Optimasi Alokasi Pengelolaan sampah dengan Pendekatan Inexact Fuzzy Linear Programming (Studi Kasus: Pengelolaan Sampah Di Kota Malang)*. Surabaya: Teknik Lingkungan ITS.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.41. 1999. *Tentang Pengendalian Pencemaran Udara*. Jakarta, Indonesia.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.19. 2013. *Tentang Pembelian Tenaga Listrik oleh PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero) dari Pembangkit Listrik Berbasis Sampah Kota* . Jakarta, Indonesia.
- Dinas Kebersihan dan Pertamanan, 2013. *Profil TPA Supit Urang*. Malang, Indonesia.
- Schmidt, A. 2005. *Treatment of Sludge from Domestic on Site Sanitation Systems Septic Tanks and Latrines. Conference Proceeding: International Seminar on Biogas Technology for poverty Reduction and Sustainable Development*. Beijing, October 17-20,2005. pp. 199-207.
- Smith, K.R., *et all*. 1999. *Greenhouse Gases from Small-scale Combustion Devices in Developing Countries, Phase IIa: Household Stoves in India*. Osce of Research and Development, US EPA, Washington.
- Suhedi, F. *Emisi CO<sub>2</sub> dari Konsumsi Energi Domestik*. Pusat Litbang Permukiman. Jakarta, Indonesia.
- Undang-Undang Nomor 4 Tahun 1992 *Tentang Perumahan dan Permukiman*. Jakarta, Indonesia.
- Wati, L. 2009. *Penentuan Faktor Emisi HC, CO dan CO<sub>2</sub> Pada Pembakaran Sampah Rumah Tangga*. Surabaya: Teknik Lingkungan ITS.
- Wiedmann, T. and Minx, J. 2008. A definition of “Carbon Footprint”. In: C. C. Pertsova *Ecological Economics Research Trends: Chapter I*, pp. 1-11. New York: Nova Science Publishers.z

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan pada tanggal 14 Maret 1990 di Kota Jombang, Jawa Timur. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Ir. H. Thathiet Purwo Edi dan Rr. Rochmoeljati, MMT. Pada tahun 1994 penulis mendapat kesempatan pendidikan formal untuk pertama kalinya di TK Al-Muslim Sidoarjo, selanjutnya penulis meneruskan pendidikan di SDN Rungkut Menanggal I/582 Surabaya, SMPN 17 Surabaya dan SMA Muhammadiyah 2 Pucang Surabaya. Pada tahun 2008, penulis dengan bangga dapat diterima di Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Semasa menjalani pendidikan sarjana, penulis aktif di berbagai kegiatan organisasi mahasiswa seperti Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) sebagai Staf Hubungan Masyarakat serta sebagai Anggota Koordinator *Steering Committee* dalam rangka Kaderisasi Mahasiswa Baru pada periode 2009-2010, dan pada tahun yang sama sebagai Staf Departemen Pengabdian Masyarakat di Badan Eksekutif Lembaga Mahasiswa (BE-LM) periode 2009-2010. Pada tahun berikutnya, penulis tetap aktif dalam organisasi mahasiswa yakni Badan Eksekutif Lembaga Mahasiswa (BE-LM) periode 2010-2011 sebagai Sekertaris Jendral I yang membawahi Departemen Pengabdian Masyarakat dan Departemen Seni & Olahraga. Penulis juga pernah melakukan kerja praktek di Perusahaan Daerah Air Minum – Banyuwangi pada bulan Juli 2011. Penulis juga mengikuti beberapa seminar dan pelatihan antara lain, LKMM PRA-TD HMTL 2008, LKMM TD HMTL 2009, LKMM TM FTSP 2010, Workshop Inventarisasi Emisi Pencemaran Udara Perkotaan dan Industri 2014. Setelah menyelesaikan pendidikan sarjana, penulis melanjutkan pendidikan magister di Jurusan Teknik Lingkungan ITS pada tahun 2013 melalui program Beasiswa *Freshgraduate* DIKTI (Direktorat Pendidikan Tinggi) dan terdaftar dengan NRP. 3313201017.